Aus der Abteilung für Sportmedizin
Ärztlicher Direktor: Professor Dr. D. Jeschke
der Medizinischen Klinik der Universität Tübingen

Periphere Durchblutung und Flexibilität bei Lauftreffteilnehmern im mittleren Lebensalter vor und nach einer 6-8 wöchigen Trainingsperiode

Inaugural-Dissertation

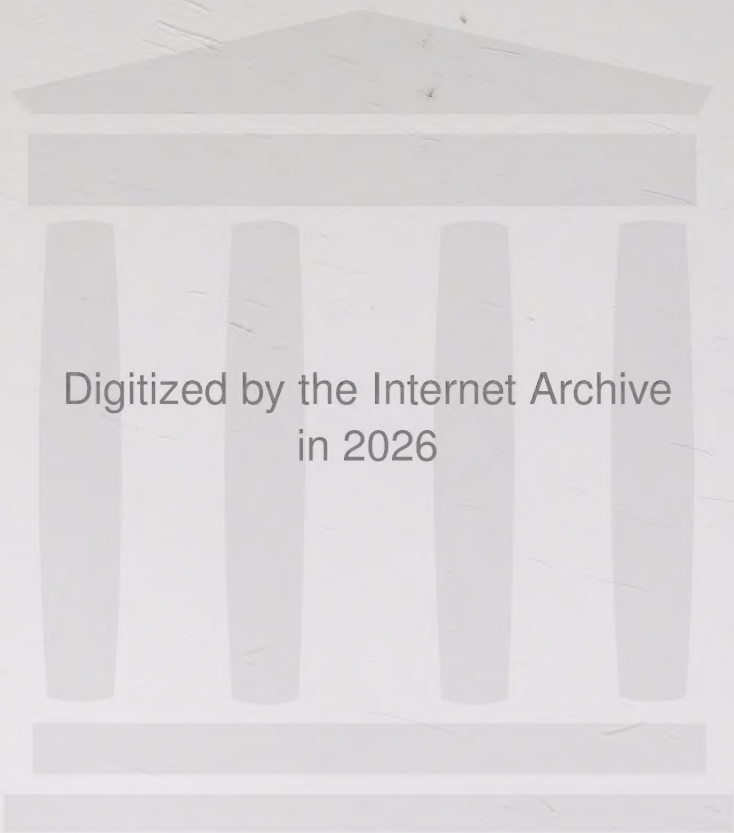
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der Medizinischen Fakultät
(Klinische Medizin)
der Eberhard-Karls-Universität
Tübingen

vorgelegt von
JUTTA ZIMMERMANN
aus Urach

1983

UNIV.
LEIDEN
BIBL.


Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547612_0004

Aus der Abteilung für Sportmedizin
Ärztlicher Direktor: Professor Dr. D. Jeschke
der Medizinischen Klinik der Universität Tübingen

Periphere Durchblutung und Flexibilität bei Lauftreffteilnehmern im mittleren Lebensalter vor und nach einer 6-8 wöchigen Trainingsperiode

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der Medizinischen Fakultät
(Klinische Medizin)
der Eberhard-Karls-Universität
Tübingen

vorgelegt von
JUTTA ZIMMERMANN
aus Urach

1983

Dekan: Professor Dr. W. Frommhold
1. Berichterstatter: Professor Dr. D. Jeschke
2. Berichterstatter: Professor Dr. R. W. Gülch

Druck: Zeeb-Druck, Tübingen 7 (Hagelloch)

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung 1

2. Methode 3
2.1. Wahl der Meßmethode für die periphere Durchblutung 3
2.2. Meßmethode 3
2.2.1. Messung der Ruhedurchblutung 3
2.2.2. Messung der reaktiven Hyperaemie 4
2.2.3. Meßvorgang zur Bestimmung von Blutdruck und peripherer Durchblutung 4
2.2.4. Meßbedingungen 4
2.2.5. Auswertung der Einflußkurven 5
2.3. Wahl der Meßmethode für die Flexibilitätsmessungen 6
2.3.1. Rumpfbeuge 6
2.3.2. Kreisdrehung 7
2.4. Untersuchungsablauf 7

3. Probandengut 8
3.1. Ausschlußkriterien, Anzahl, Alter und Geschlechtsverteilung 8
3.2. Sportliche Betätigung 10
3.2.1. Einteilung in Lauftrainingsgruppen 10
3.2.2. Einteilung in Gymnastikgruppen 11

4. Statistik 11

5. Ergebnisse 12
5.1. Umfangmessung der Unterschenkel 12
5.2. Ruhedurchblutung 13
5.2.1. Ergebnisse in den Lauftrainingsgruppen 13
5.2.2. Geschlechtsunterschiede in der Ruhedurchblutung 14
5.2.3. Alterseinfluß auf die Ruhedurchblutung 14
5.2.4. Blutdruckeinfluß auf die Ruhedurchblutung 14
5.3. Reaktive Hyperaemie nach 3 Minuten Ischaemie 18
5.3.1. Ergebnisse in den Lauftrainingsgruppen 18
5.3.2. Geschlechtsunterschiede in der reaktiven Hyperaemie 19
5.3.3. Alterseinfluß auf die reaktive Hyperaemie 19

UNIV. LEIDEN BIBL.

5.4. Blutdruckverhalten vor und nach der Trainings - periode 21
5.4.1. Ergebnisse in den Lauftrainingsgruppen 21
5.5. Flexibilität 26
5.5. Rumpfbeugebeweglichkeit 26
5.5.1. Ergebnisse in den Gymnastikgruppen 26
5.5.2. Geschlechtsunterschiede in der Rumpfbeuge - beweglichkeit 26
5.5.3. Alterseinfluß auf die Rumpfbeugebeweglichkeit 27
5.5.4. Einfluß der initialen Flexibilität auf die Trainingsergebnisse 27
5.6. Drehbeweglichkeit 31
5.6.1. Ergebnisse in den Gymnastikgruppen 31
5.6.2. Geschlechtsunterschiede bei der Übung Kreis- drehung 33
5.6.3. Alterseinfluß auf die Drehbeweglichkeit 33
6. Diskussion 34
7. Zusammenfassung 56
8. Literaturverzeichnis 59

EINLEITUNG

Sport in der Freizeit ist heute in allen Altersgruppen sehr beliebt. Seit dem Beginn der Trimm-Aktionen 1970 begannen über 20% der Bevölkerung in der Bundesrepublik aktiv Sport zu betreiben (134). Mitgliederzahlen der deutschen Sportvereine stiegen beständig von über 9 Millionen im Jahre 1973 auf beinahe 12,5 Millionen im Jahre 1977 (165 stat. Jahrbuch 1978).

Die Zielsetzungen der Einzelnen sind dabei unterschiedlich. Für den Einen steht die Verbesserung ihrer körperlichen Leistungsfähigkeit im Vordergrund, andere suchen Abwechslung und Entspannung von der täglichen Arbeit oder anregenden Kontakt mit anderen Menschen. Entsprechende Unterschiede bestehen daher auch in den ausgeübten Sportarten.

Jungen Menschen stehen aus medizinischer Sicht die vielfältigsten Möglichkeiten zur sportlichen Betätigung offen, doch sollten von der 4. Lebensdekade an wegen der Zunahme degenerativer kardiovaskulärer Erkrankungen bereits Einschränkungen gemacht werden. Es bleiben allerdings genügend Sportarten, die bis ins höhere Alter eine abwechslungsreiche sportliche Betätigung ermöglichen (35,94,136,156). Neben der Gymnastik hat das Lauftraining in letzter Zeit eine große Anhängerschaft gefunden (46,185,193). Im Rahmen der Trimm-Trab Bewegung werden seit 1970 in ständig steigender Häufigkeit organisierte Lauftreffs eingerichtet. Wurden 1974 ca. 220 Lauftreffs gezählt (183), so feierte man bereits im Oktober1977 die Gründung des 1 000. Lauftreffs (134).

Der große Vorteil dieser Sportart für den Breitensport liegt neben dem geringen Aufwand für die Ausrüstung darin (134,183), daß ein Lauftraining praktisch überall und ohne das Erlernen einer komplizierten sportlichen Technik betrieben werden kann (111,134,166,183).

Wenn die präventiven Möglichkeiten des Sports in Bezug auf Herz- Kreislauferkrankungen angesprochen werden, so muß das Laufen an erster Stelle genannt werden (104,105,108, 128).Es gilt als die am besten geeignete Trainingsform, weil sie das kardio-pulmonale System am günstigsten belastet und zudem einen optimalen Trainingseffekt bewirkt (65, 108,193). Die Belastung kann individuell sehr gut ange - passt werden. Dadurch bietet sich Laufen geradezu an als Ausdauertraining für Anfänger, speziell auch im mittleren und höheren Alter.

Mit zunehmendem Alter nimmt die Trainierbarkeit ab (105, 112), d.h. der Trainingseffekt, meßbar als Adaptation des Organismus, wird, vom Aufwand her gesehen, immer geringer. Wir stellten uns daher die Frage, ob ein Training im Rahmen von Lauftreffs mit einer Stunde Lauftraining und 10 bis 20 Minuten Gymnastik pro Woche nach 6 bis 8 Wochen meßbare und kausal mit dieser Betätigung verknüpfte Veränderungen in zentralen und peripheren kardio-vaskulären Parametern und in der Beweglichkeit bei Personen im mittleren Lebensalter hervorrufen kann. Im Rahmen einer an Langläufern vorgenommenen Studie befaßt sich diese Arbeit speziell mit dem Problem einer vegetativen Umstellung und mit einer Trainingsadaptation der Peripherie, gemessen an systemi - schen Ruheblutdruckwerten und mittels Bestimmung der Unterschenkeldurchblutung. Außerdem wurden Änderungen der Flexibilität erfaßt.

Wir untersuchten Teilnehmer des Tübinger Lauftreffs, der von Mitgliedern des Tübinger Postsportvereins geleitet wird. Ihnen danken wir an dieser Stelle für ihre Mitarbeit.

2. METHODE

2.1. Wahl der Meßmethode für die periphere Durchblutung

In der vorliegenden Studie wurde die periphere Durchblutung der unteren Extremitäten quantitativ bestimmt. Von den zwei in der klinischen Routinediagnostik verwendeten Methoden (26), der Gewebe-Clearance radioaktiver Stoffe (124,176, 177,178) und der Venenverschlußplethysmographie, kam die unblutige und gefahrlose Methode der Venenveschlußplethysmographie (VVP) an den freiwilligen Probanden zur Anwendung.

Die Messungen wurden mit dem leicht zu handhabenden, flexiblen, luftgefüllten Segmentplethysmographen "Vaso - script" (Firma Boucke, Tübingen), entwickelt von Barbey und Barbey (13), durchgeführt.

2.2. Messmethode

Die VVP beruht auf dem seit 1905 bekannten Prinzip (32), den arteriellen Bluteinstrom über eine Volumenzunahme des entsprechenden Extremitätensegments zu erfassen (2,3,13,87, 88,89).

2.2.1. Messung der Ruhedurchblutung

Für die Durchblutungsmessung des Unterschenkels wird eine Staumanschette proximal des Kniegelenks angelegt, die schlagartig auf einen subdiastolischen Druckwert von 50 - 80 mm Hg gebracht wird (26,52,54,66,88,89,123,129,162,175). Dadurch wird der arterielle Einstrom nur wenig behindert (52,73,86), der venöse Rückfluß jedoch blockiert (52,73, 123). Distal der Staumanschette kommt es so zu einem Volumenanstieg der Extremität, der anfangs linear erfolgt und sich später, mit zunehmendem venösem Füllungsdruck , abflacht(26). Diese Volumenänderung wird mit Hilfe einer luftgefüllten Meßmanschette erfaßt, die mit einem Druck von 15 mm Hg, bei dem noch keine Behinderung des arteriellen Einstroms stattfindet (26,86), über dem größten Umfang des Unterschenkels angebracht ist.

2.2.2. Messung der reaktiven Hyperaemie

Der erste rasche Durchblutungsanstieg nach 3 - minütiger arterieller Drosselung durch die Staumanschette bei einem Druck von 300 mm Hg wurde als "reaktive Hyperaemie" ge - messen. Das entspricht dem häufig in der Literatur ange - gebenen "peak flow", der bei Gefäß- und Kreislaufgesunden meist mit dem "first flow" zusammenfällt (26).

2.2.3. Messvorgang zur Bestimmung von Ruheblutdruck und peripherer Durchblutung

Die Messungen wurden am rechten Unterschenkel durchgeführt. Vor Anlegen der Meßmanschette wurde der größte Wadenumfang bestimmt. Unmittelbar vor Beginn der Ruhedurchblutungs - messungen wurde der Ruheblutdruck im Liegen am rechten Oberarm nach der Methode von Riva-Rocci-Korotkow ermittelt. Dann erfolgten zwei Ruhedurchblutungsmessungen. Der Mittel- wert aus diesen Messungen wurde für die Berechnungen ver - wendet. Anschließend bestimmten wir die reaktive Hyper - aemie nach 3 Minuten Ischaemie.

2.2.4. Messbedingungen

Die Messungen wurden in einem ruhigen, separaten Raum bei einer Temperatur von 21-24°C durchgeführt (13,23,87,170), also unterhalb der "kritischen Raumtemperatur" von 26°C,(9) ab der die Thermoregulation der Haut einen spürbaren Ein- fluß hat. Die Lagerung der Probanden erfolgte nach den An- gaben von Graf (84) und Greenfield (88) möglichst bequem. Die Beine waren durch Unterstützung an Oberschenkel und Ferse so gelagert, daß die Unterschenkel ca. 5 cm über dem Niveau des Manubrium Sterni frei in horizontaler Lage für die Messung zugänglich waren.

Zum Zeitpunkt der Messungen waren die Probanden bereits ca. 30 Minuten in Ruhe.

Die Untersuchungen wurden in der Zeit zwischen $8.^{30}$ Uhr und $14.^{30}$ Uhr durchgeführt. Die Werte der einzelnen Probanden wurden an beiden Untersuchungstagen zur gleichen Zeit bestimmt.

2.2.5. Auswertung der Einflußkurven

Die Einflußkurven wurden nach den Richtlinien von Barbey, Graf und Greenfield (13, 84,88,89) mit einem speziellen Meßlineal ausgewertet (13,88). Nach Bestimmung des größten Wadenumfanges konnten die Werte mit Hilfe von Reduktions - faktoren, die den Knochen und Weichteilanteil berücksichtigen und aus Tabellen zu entnehmen sind, auf das Weichteilgewebe umgerechnet werden. Es ergab sich dann die Durch - blutung (ml) pro 100 ml Weichteilgewebe pro Minute.

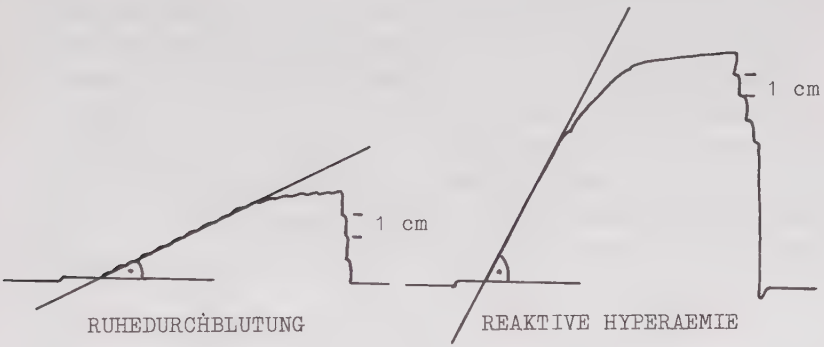


Abb. 1 : Originalregistrierung der Ruheeinflußkurve und der reaktiven Hyperaemie nach 3 minütiger arterieller Drosselung (first flow).

2.3. Wahl der Messmethode für die Flexibilitätsmessungen

Zur vergleichenden Messung der Flexibilität wählten wir zwei leicht faßbare Übungen, die Gelenkketten einbezogen. Die erste Übung, "Rumpfbeuge", erfaßte die statische Beugebeweglichkeit der Wirbelsäule und des Bechens. Die zweite Übung, "Kreisdrehung", erfaßte die statische Drehbeweglichkeit der Wirbelsäule und des gesamten Schultergürtels.

Diese Messungen wurden nach einer Fahrradergometerbelastung vorgenommen (152). Die dynamische Belastung bereitete die Muskulatur optimal auf die Dehnungsübungen vor. Eine Verletzungsgefahr ist bei erwärmter Muskulatur zu vernachlässigen (92).

2.3.1. Rumpfbeuge

Methode: Bei paralleler, geschlossener Beinstellung und gestreckten Kniegelenken beugten sich die Probanden maximal nach vorne - unten. Gemessen wurde der Abstand der Fingerspitzen zur Standebene des Probanden (Nullniveau). Negative Messwerte bedeuten, daß der Proband das Nullniveau nicht erreichte. Positive Werte geben an, wieweit der Proband das Nullniveau nach unten überschreiten konnte. Der Mittelwert zweier aufeinanderfolgender Messungen wurde für die Berechnungen verwendet.

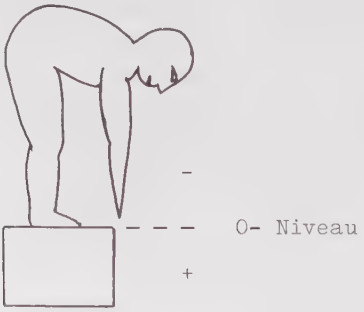


Abb.2
Messanordnung für die Übung "Rumpfbeuge"

2.3.2. Kreisdrehung

Methode: Bei paralleler, geschlossener Beinstellung und gestreckten Kniegelenken wurde der rechte bzw. linke gestreckte Arm genau auf Schulterhöhe zur Seite gehoben. Von dieser Nullstellung aus drehte sich der Proband mit gestrecktem Arm nach hinten. Die maximal erreichte Drehstellung mußte für kurze Zeit beibehalten werden. Das Ausmaß der Drehung wurde in Winkelgrad gemessen, wobei der Mittelfinger als Bezugspunkt diente. Es wurde streng darauf geachtet, daß der Arm in Schulterhöhe blieb, die Knie nicht gebeugt und der Standpunkt der Füße beibehalten wurden. Der Mittelwert zweier aufeinanderfolgender Messungen wurde für die Berechnungen verwendet.

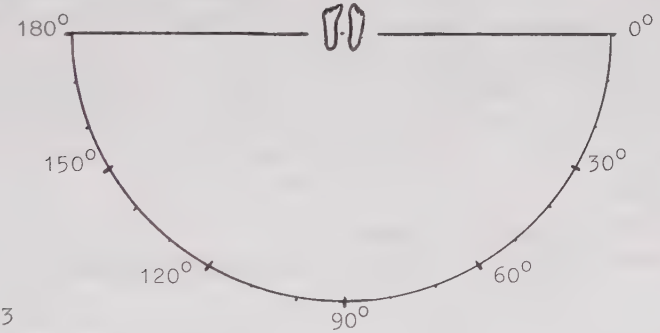


Abb.3
Messanordnung für die Übung "Kreisdrehung"

2.4. Untersuchungsablauf

Vor Beginn der Trainingsperiode und nach 6-8 Wochen Training wurden die freiwilligen Probanden untersucht. Es wurde darauf geachtet, daß die Uhrzeit, zu der untersucht wurde, an beiden Untersuchungstagen gleich war, um etwaige Tagesschwankungen auszuschalten.

Den Anfang der Untersuchungen bildete eine ausführliche Anamnese und gründliche körperliche Untersuchung der Probanden. Es folgte, nach einer 30 minütigen Ruhepause, die Messung des Ruheblutdruckes im Liegen.

Direkt anschließend wurde zweimal hintereinander die Ruhedurchblutung des rechten Unterschenkels und danach die reaktive Hyperaemie nach 3 minütiger arterieller Sperre bestimmt. Vitalkapazität, Tiffenau-Test und Ruhe-EKG wurden aufgezeichnet und befundet bevor die Probanden auf dem Fahrradergometer belastet und spiroergemetrisch untersucht wurden. Dieser Teil der Untersuchungen wurde von Reich(152) bearbeitet. Den Abschluß der Untersuchungen bildeten die Flexibilitätsmessungen.

3. PROBANDENGUT

3.1. Ausschlußkriterien, Anzahl, Alter, Geschlechtsverteilung

Untersucht wurden 48 freiwillige Probanden, davon waren 16 Frauen und 32 Männer.
Das Mindestalter wurde als Voraussetzung für die Teilnahme an der Studie auf 30 Jahre festgelegt. Die daraus resultierende Altersverteilung wird in Tabelle 1 und Abb.4 aufgezeigt.

Tab. 1 Alter der Probanden

	Alter von - bis	Mittelwert $\bar{x}$	Standardabweichung s	Anzahl n
Frauen	30 - 53	39,6	± 6,9	16
Männer	32 - 62	44,0	± 8,4	32
F & M	30 - 62	42,5	± 8,1	48

Probanden mit behandlungsbedürftigen Störungen der Herz - Kreislauffunktionen wurden nach internistischer Untersuchung einschließlich EKG aus der Studie ausgeschlossen. Eine Probandin konnte wegen Auftreten einer vaso-vagalen Reaktion bei Anlegen des 300 mm Hg Staudruckes für die arterielle Drosselung an der Studie nicht weiter teilnehmen.

Abb. 4 : Altersverteilung der untersuchten Personen
Ordinate: Fallzahl
Abszisse: Altersgruppen mit jeweils fünf Jahrgängen

3.2. Sportliche Betätigung

Alle untersuchten Probanden waren Freizeitsportler, die regelmäßig mindestens einmal in der Woche einen einstündigen Waldlauf machten. Die meisten der Untersuchten betrieben Freizeitsport seit 1 - 2 Jahren. Es wurden von Anfänger bis zum Alterssportler, der seit 15 Jahren regelmäßig Langstreckenlauftraining betrieb, freiwillige Probanden erfaßt, die mindestens 30 Jahre alt waren. Das Lauftraining wurde im Rahmen des Tübinger Lauf-Treffs in kleinen Gruppen betrieben. Die Strecken, die in einer Stunde zurückgelegt wurden, waren gestaffelt von 4,5 km über 5,5 km, 7 km, 8,5 km bis 10,5 km. Nach der halben Wegstrecke wurde eine 10 - 20 minütige Gymnastikpause eingelegt. Für viele Probanden war dies die einzige Gymnastik, manche übten aber daneben noch andere Sportarten aus, die allerdings wegen der Uneinheitlichkeit und kaum beurteilbaren Intensität in dieser Studie nicht berücksichtigt werden konnten.

3.2.1. Einteilung in Lauftrainingsgruppen

Für die Auswertung wurden die Probanden gemäß den Veränderungen ihrer Trainingsintensität eingeteilt. Als Bezugspunkt dienten die Werte vor Beginn der Trainingsperiode.
Als Trainingssteigerung wurde eine Zunahme der Trainings - häufigkeit um 50% und mehr bzw. der gelaufenen Trainings - kilometer um 25% und mehr festgelegt. So gehörte z.B. ein Proband, der vor dem Trainingsintervall 1 mal pro Woche aber während der 6-wöchigen Trainingsperiode mindestens 9 mal trainierte, in diese Gruppe.
Als Reduzierung wurde entsprechend die Abnahme der Trai - ningshäufigkeit bzw. der Trainingskilometer um 50% bzw. um 25% bezeichnet.
Bei der Einteilung in diese Gruppen wurde die Gruppe mit Trainingssteigerung als"Gruppe A", die Gruppe mit unver - ändertem Training als "Gruppe B", und die Gruppe mit reduziertem Training als "Gruppe C" bezeichnet. Diese Einteilung entspricht der von Reich (152)vorgenommenen.

3.2.2. Einteilung in Gymnastikgruppen

Eingeteilt wurde in zwei Gruppen: Gymnastik gesteigert - Gruppe "Gym-A". Hierunter fielen auch all diejenigen, die erst neu mit der Gymnastik begonnen hatten.
Gymnastik unverändert fortgesetzt - Gruppe "Gym-B".
Reduziertes Training bei Gymnastik trat, im Gegensatz zum Waldlauftraining, nicht auf, sodaß die vorgenannte Ein - teilung die Gesamtheit der Probanden erfaßte.

4. STATISTIK

Die statistische Auswertung der im tabellarischen Anhang dargestellten Einzelmeßwerte erfolgte durch folgende Verfahren und Tests:

Varianzanalyse, zweifache, für verbundene und unverbundene Stichproben.

Wilcoxon-Test (nicht parametrischer Test), einseitig und zweiseitig, für verbundene und unver - bundene Stichproben.

Korrelationen wurden angegeben mit :
n = Anzahl der Probanden
r = Pearson Korrelationskoeffizient
p = Irrtumswahrscheinlichkeit
Als Signifikanzgrenze wurde die Irrtumswahrscheinlichkeit p = 0,05 festgelegt (151).

Für Beratung und Hilfe bei der statistischen Auswertung der Meßergebnisse danken wir Herrn Dr. R. Mader und Herrn N. Eichenseher von der Abteilung für Dokumentation und Datenverarbeitung (Direktor: Professor Dr.L.Koslowski) sowie Herrn Dr.D. Schenzle vom Institut für medizinische Biometrie (Direktor: Professor Dr. K. Dietz).

5. ERGEBNISSE

5.1. Umfangsmessung der Unterschenkel

Die Umfangsbestimmungen des dicksten Anteils der Wade ergaben folgende Werte (in cm) :

Tab.2 Wadenumfang (cm) Gruppe"A" (Lauftraining gesteigert)

		min	max	$\bar{x}$	s	n
Frauen	vorher	30,5	36,0	33,4	1,58	11
	nachher	30,8	36,5	33,6	1,58	11
Männer	vorher	33,5	37,0	35,7	1,33	8
	nachher	34,5	38,5	36,3	1,33	8
F & M	vorher	30,5	37,0	34,4	1,87	19
	nachher	30,8	38,5	34,8	2,02	19

Tab.3 Wadenumfang (cm) Gruppe"B"(Lauftraining unverändert)

		min	max	$\bar{x}$	s	n
Frauen	vorher	32,5	36,5	34,1	1,8	5
	nachher	33,0	37,5	34,6	1,9	5
Männer	vorher	32,3	40,5	35,8	2,3	17
	nachher	32,5	41,5	35,9	2,2	17
F & M	vorher	32,3	40,5	35,4	2,26	22
	nachher	32,5	41,5	35,6	2,16	22

Tab.3 Wadenumfang (cm) Gruppe"C" (Lauftraining reduziert)

		min	max	x	s	n
Männer	vorher	34,5	38,0	36,6	1,24	7
	nachher	34,0	38,0	36,2	1,38	7

Gruppe"A" zeigte eine Zunahme des mittleren Wadenumfangs nach der Trainingsperiode ($p < 0,05$).
Gruppe"B" zeigte keine Veränderungen, bei
Gruppe"C" war eine Abnahme nach dem Trainingsintervall festzustellen ($p < 0,05$).

5.2. Ruhedurchblutung

Ruhedurchblutung am rechten Unterschenkel vor und nach Training.

Übersicht : Werte des Gesamtkollektivs (ml/100ml/min)

Tab.5 Ruhedurchblutung (ml/100ml/min)

		min	max	$\bar{x}$	s	n
F & M	vorher	1,6	10,8	4,05	1,6	48
	nachher	1,9	8,3	4,07	1,3	48

Die Ruhedurchblutungswerte veränderten sich im Mittel innerhalb des Untersuchungszeitraumes für das Gesamt - kollektiv nicht.

5.2.1. Ergebnisse in den Lauftrainingsgruppen

Tab.6 Ruhedurchblutung (ml/100ml/min) Gruppe"A"

		min	max	$\bar{x}$	s	n
Frauen	vorher	1,6	7,4	3,8	1,6	11
	nachher	2,3	5,7	3,9	0,98	11
Männer	vorher	2,2	10,8	4,6	2,7	8
	nachher	2,6	8,3	4,2	1,8	8

Tab.7 Ruhedurchblutung (ml/100ml/min) Gruppe"B"

		min	max	$\bar{x}$	s	n
Frauen	vorher	2,3	4,7	3,9	0,99	5
	nachher	2,4	4,7	3,8	0,91	5

Tab.7 Ruhedurchblutung (ml/100ml/min) Gruppe"B"

		min	max	$\bar{x}$	s	n
Männer	vorher	2,3	6,5	3,97	1,47	17
	nachher	1,9	7,2	4,26	1,68	17

Tab.8 Ruhedurchblutung (ml/100ml/min) Gruppe"C"

		min	max	$\bar{x}$	s	n
Männer	vorher	2,7	5,4	4,09	0,92	7
	nachher	3,1	5,2	4,20	0,82	7

Die Ruhedurchblutungswerte zeigten während des Unter - suchungszeitraumes in allen drei Gruppen keine Veränder- ungen. Die Gruppen unterschieden sich nicht voneinander.

5.2.2. Geschlechtsunterschiede in der Ruhedurchblutung

Tab.9 Ruhedurchblutung (ml/100ml/min)

		min	max	x	s	n
	Frauen	2,4	6,05	3,86	0,9	16
	Männer	2,25	9,55	4,13	1,5	32

Die Frauen zeigten eine im Mittel leicht geringere Ruhe - durchblutung als die Männer. Dieser Unterschied ließ sich nicht sichern.

5.2.3. Alterseinfluß duf die Ruhedurchblutung

Eine Korrelation zwischen Alter und Höhe der Ruhedurch - blutung ließ sich nicht herstellen.

5.2.4. Blutdruckeinfluß auf die Ruhedurchblutung

Es war eine deutliche Abhängigkeit der Ruhedurchblutung vom Blutdruck (systolischer Wert, nach der Methode von Riva-Rocci am rechten Oberarm bestimmt) festzustellen. Korrelation für n= 48 :
1. Untersuchungstermin: $r = 0{,}331$, $p = 0{,}02$; am zweiten Untersuchungstag waren $r = 0{,}387$, $p < 0{,}01$ (Abb.7 und 8).

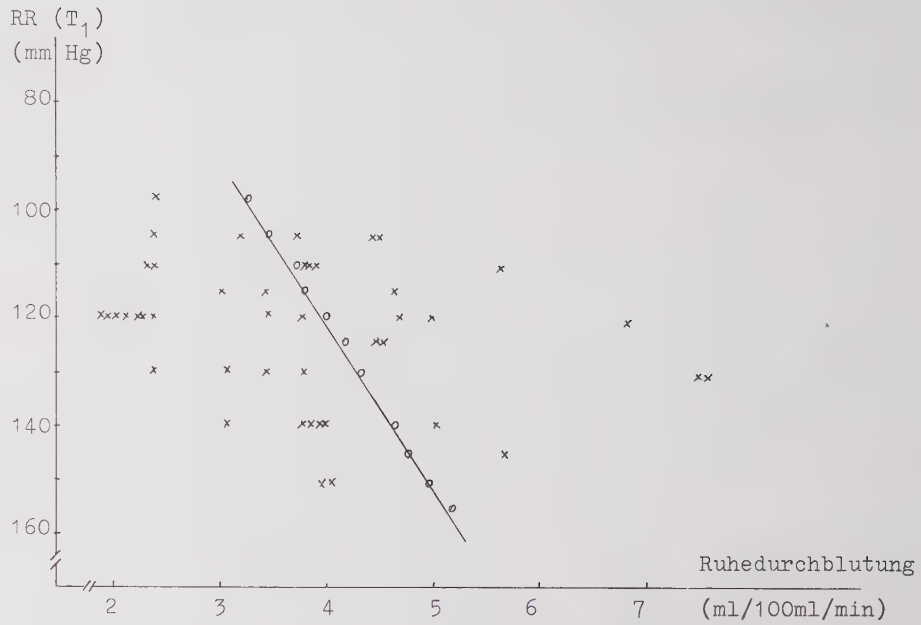


Abb. 7 : Korrelation zwischen Blutdruck, systolisch, (mm Hg) (Ordinate) und Ruhedurchblutung (ml/100ml/min) (Abszisse) bei der Erstuntersuchung.

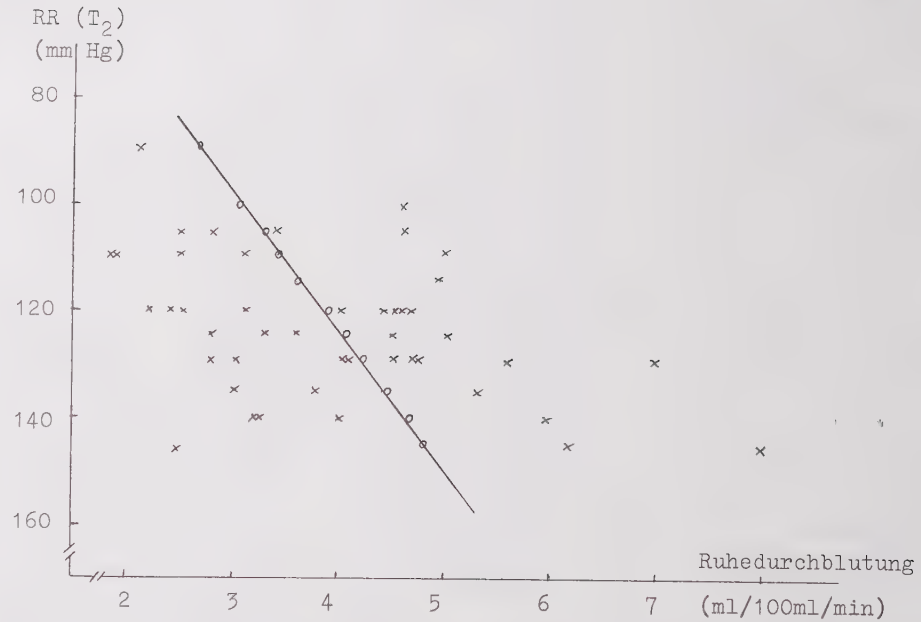


Abb. 8 : Korrelation zwischen Blutdruck, systolisch, (mm Hg) (Ordinate) und Ruhedurchblutung (ml/100ml/min) (Abszisse) nach der Trainingsperiode.

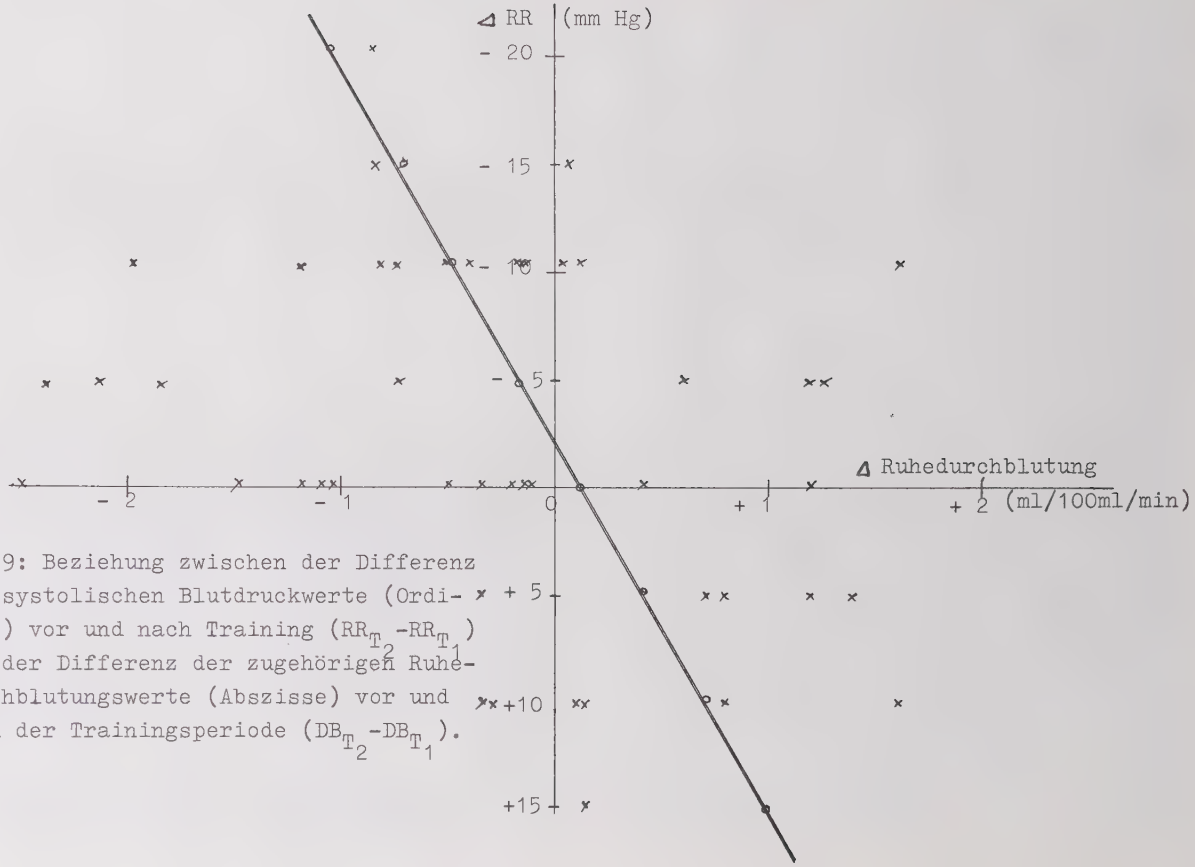


Abb.9: Beziehung zwischen der Differenz der systolischen Blutdruckwerte (Ordinate) vor und nach Training ($RR_{T_2} - RR_{T_1}$) und der Differenz der zugehörigen Ruhedurchblutungswerte (Abszisse) vor und nach der Trainingsperiode ($DB_{T_2} - DB_{T_1}$).

Weiterhin war eine positive Korrelation zwischen der Blutdruckdifferenz vom ersten zum zweiten Untersuchungstermin mit der Differenz der Ruhedurchblutung, ebenfalls zwischen erstem und zweitem Untersuchungstag zu sichern (n = 48 , r = 0,457 , p = 0,001),(Abb.9).

5.3. Reaktive Hyperaemie nach 3 Minuten Ischaemie

Bei der Messung der reaktiven Hyperaemie ergaben sich für das Gesamtkollektiv folgende Werte :

Tab.10 reaktive Hyperaemie (ml/100ml/min) Gesamtkollektiv

		min	max	$\bar{x}$	s	n
F & M	vorher	12,5	45,6	25,0	7,9	48
	nachher	10,3	47,3	25,0	8,3	48

Eine Veränderung der reaktiven Hyperaemie innerhalb des Untersuchungszeitraumes war für das Gesamtkollektiv nicht nachweisbar.

5.3.1. Ergebnisse in den Lauftrainingsgruppen

Tab.11 reaktive Hyperaemie (ml/100ml/min) Gruppe"A"

		min	max	$\bar{x}$	s	n
Frauen	vorher	12,5	31,5	19,1	5,0	11
	nachher	10,3	47,3	23,3	10,1	11
Männer	vorher	14,5	32,2	24,2	6,6	8
	nachher	15,1	37,1	26,5	6,3	8

Tab.12 reaktive Hyperaemie (ml/100ml/min) Gruppe"B"

		min	max	$\bar{x}$	s	n
Frauen	vorher	12,5	27,5	18,8	5,6	5
	nachher	15,6	35,2	21,9	8,6	5
Männer	vorher	17,5	41,6	28,7	6,2	17
	nachher	11,4	45,3	25,9	8,4	17

Tab.13 reaktive Hyperaemie (ml/100ml/min) Gruppe"C"

		min	max	x	s	n
Männer	vorher	19,8	40,9	30,7	9,1	7
	nachher	17,8	38,3	25,9	8,4	7

Für die Gruppe"A" lag der Meßwert nach dem Trainingsintervall im Mittel höher als vor der Trainingsperiode ($p < 0,05$)
In der Gruppe"B" war keine Veränderung festzustellen.
Gruppe"C" zeigte am zweiten Untersuchungstag einen geringeren, aber nicht zu sichernden Mittelwert.

5.3.2. Geschlechtsunterschiede in der reaktiven Hyperaemie

Tab.14 reaktive Hyperaemie (ml/100ml/min)

	min	max	x	s	n
Frauen	13,6	33,95	20,9	6,6	16
Männer	15,85	40,4	26,1	5,7	32

Hier wurde der Mittelwert der maximalen Durchflußwerte beider Untersuchungen verwendet.
Der Geschlechtsunterschied war hochsignifikant mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p = 0,0002$.

5.3.3. Alterseinfluß auf die reaktive Hyperaemie

Zwischen Alter und reaktiver Hyperaemie konnte nach den vorliegenden Werten keine Korrelation hergestellt werden.

Abb. 10 Reaktive Hyperaemie (ml/100ml x min) der Wade Werte vor(T_1) der Trainingsperiode und nach (T_2) 6-8 Wochen Training. Aufgegliedert in Gesamtkollektiv, Trainings - gruppen und Geschlecht.

5.4. Blutdruckverhalten vor und nach der Trainingsperiode

Tab.15 Blutdruck (mm Hg), Gesamtkollektiv

		min	max	x	s	n
systolisch	vorher	90	155	122,4	14,2	48
	nachher	90	150	123,7	13,5	48
diastolisch	vorher	60	120	78,5	11,5	48
	nachher	60	95	78,0	8,3	48

Die höchste, individuell bestimmte systoliche Blutdruck - differenz an den beiden Untersuchungstagen betrug ±20mm Hg. Für das Gesamtkollektiv war innerhalb des Untersuchungs - zeitraums keine Veränderung festzustellen.
Die diastolischen Blutdruckwerte zeigten im Mittel eben - falls keine Veränderung.

5.4.1. Ergebnisse in den Lauftrainingsgruppen

Tab.16 Blutdruckmittelwerte (mm Hg) in den Trainingsgruppen

	systolisch				diastolisch				
	vorher		nachher		vorher		nachher		
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	n
Gruppe"A"	123,4	±16,4	121,0	±14,3	79,0	±12,0	77,6	±9,3	19
Gruppe"B"	120,9	±13,9	124,6	±13,9	77,0	±10,0	77,5	±8,3	22
Gruppe"C"	124,3	± 9,3	128,6	± 8,9	82,1	± 7,0	80,7	±5,3	7

Die Gruppenmittelwerte des systolischen und diastolischen Blutdrucks unterschieden sich weder vor noch nach der Trainingsperiode signifikant voneinander.

Auffällig war, daß sich der systolische Blutdruck in Mittel in Gruppe "A" vom ersten zum zweiten Untersuchungstag leicht senkte, in den beiden anderen Gruppen dagegen leicht anstieg.

RR (T_1-T_2) Gruppe "A" 2,4 mm Hg gesenkt
Gruppe "B" 3,6 mm Hg gestiegen
Gruppe "C" 4,3 mm Hg gestiegen

Gruppe "A" und "C" zeigten ein gesichertes unterschied - liches systolisches Blutdruckverhalten ($p < 0,05$). Zwischen Gruppe "B" und den anderen beiden Gruppen ließ sich dagegen ein unterschiedliches Verhalten nicht nachweisen.

Der diastolische Blutdruck blieb im Mittel unverändert.

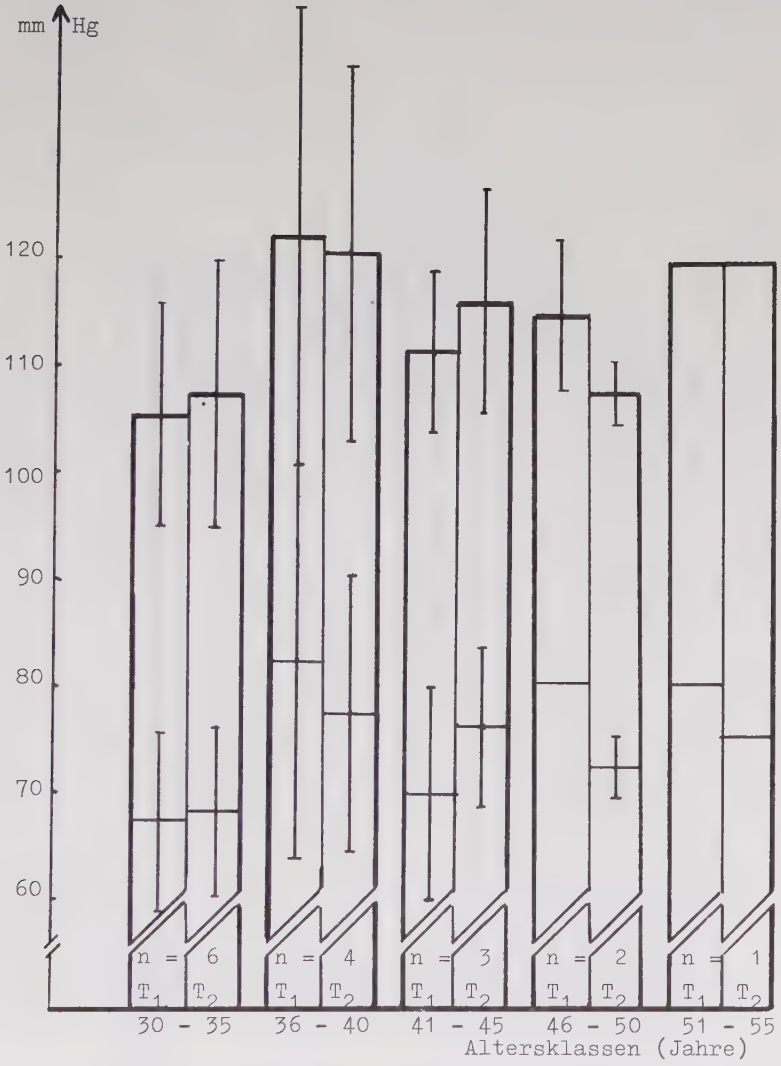


Abb. 11 Blutdruckmittelwerte der Frauen vor (T_1) und nach Training (T_2), aufgegliedert nach Altersklassen.

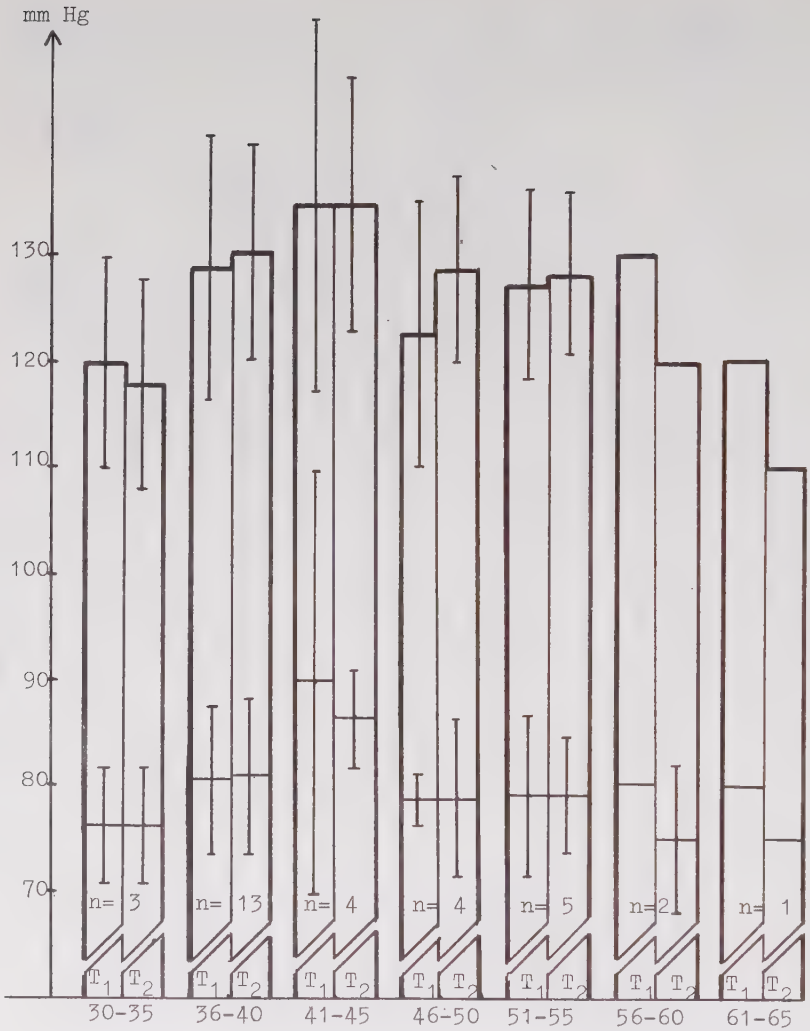


Abb.12 Blutdruckmittelwerte der Männer vor (T_1) und nach (T_2) Training, aufgegliedert nach Altersklassen.

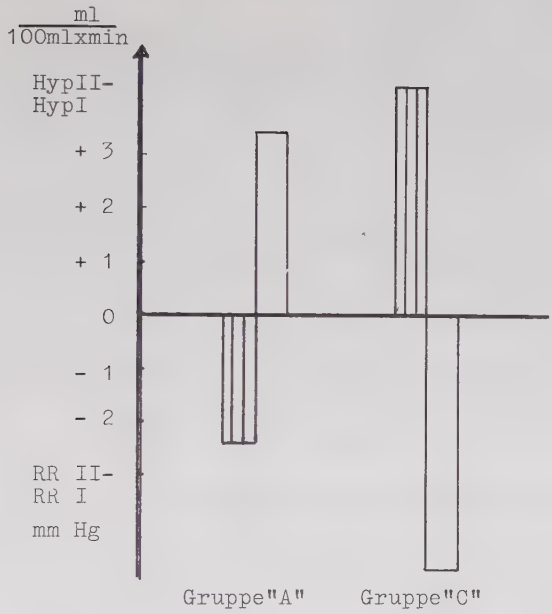


Abb. 13 Verhalten von Blutdruck und reaktiver Hyperaemie im Untersuchungszeitraum bei Lauftrainingsgruppe "A" und "C"

symbolisiert die Blutdruckdifferenz zwischen erster und zweiter Untersuchung (mm Hg)(Mittelwert). Dargestellt wurde die Differenz RR_{T_2}-RR_{T_1}

symbolisiert die Differenz der Werte der reaktiven Hyperaemie (ml/100mlxmin)(Mittelwert) zwischen erster und zweiter Untersuchung. Dargestellt wurde die Differenz Hyp_{T_2}-Hyp_{T_1} .

5.5. FLEXIBILITÄT

Rumpfbeugebeweglichkeit

Es wurden die Meßwerte von 46 Probanden ausgewertet. Zu den Zeitpunkten der ersten Untersuchung (T_1) und der zweiten Untersuchung (T_2) wurden folgende Werte für das Gesamtkollektiv ermittelt:

Tab.17 Rumpfbeuge (Abstand vom O-Niveau in cm)
Gesamtkollektiv

	min	max	x	s	n
vorher	- 18,8	+ 19,5	+ 2,7	8,9	46
nachher	- 17,5	+ 21,5	+ 3,7	8,1	46

Für das Gesamtkollektiv zeigte sich eine signifikante Verbesserung nach der Trainingsperiode (p = 0,002).

5.5.1. Ergebnisse in den Gymnastikgruppen

Tab.18 Rumpfbeuge (Abstand vom O-Niveau in cm)
Gruppe "Gym-A" (Gymnastiktrainingssteigerung)

	min	max	x	s	n
vorher	- 16,0	+ 10,0	- 0,3	9,7	12
nachher	- 10,5	+ 12,0	+ 2,0	7,7	12

Tab.19 Rumpfbeuge (Abstand vom O-Niveau in cm)
Gruppe "Gym-B" (Gymnastiktraining unverändert)

	min	max	x	s	n
vorher	- 18,8	+ 19,5	+ 3,8	8,6	34
nachher	- 17,5	+ 21,0	+ 4,5	8,3	34

Zwischen diesen Gruppen war kein signifikanter Unterschied festzustellen.
Dagegen war in beiden Gruppen eine Verbesserung nach der Trainingsperiode zu sichern (p = 0,002).

5.5.2. Geschlechtsunterschiede bei der Rumpfbeuge - beweglichkeit

Tab.20 Rumpfbeuge (Abstand vom O-Niveau in cm) Frauen

	min	max	x	s	n
vorher	- 10,5	+ 10,5	+ 5,5	4,8	16
nachher	- 5,0	+ 12,0	+ 6,1	4,1	16

Tab.21 Rumpfbeuge (Abstand vom O-Niveau in cm) Männer

	min	max	x	s	n
vorher	- 18,8	+ 19,5	+ 1,2	10,3	30
nachher	- 17,5	+ 21,0	+ 2,7	9,4	30

Der Unterschied zwischen den Gruppen konnte nicht gesichert werden.

5.5.3. Alterseinfluß auf die Rumpfbeugebeweglichkeit

Zwischen dem Alter der Probanden und der bei der Übung Rumpfbeuge gemessenen Beweglichkeit konnte keine Beziehung festgestellt werden.

5.5.4. Einfluß der initialen Flexibilität auf die Trainingsergebnisse

Da anzunehmen ist, daß bei hoher Flexibilität ein weiteres Training kaum Verbesserungen bringt, teilten wir das Gesamtkollektiv in 4 Leistungsgruppen ein. Als Unterscheidungskriterium dienten die Ergebnisse der Flexibilitätsmessungen vor Beginn der Trainingsperiode.

Gruppe 1 erreichte eine Marke von 10 cm oder mehr unterhalb der Nullinie.

Gruppe 2 erreichte Werte zwischen 5 und 10 cm unterhalb der Nullinie.

Gruppe 3 erreichte die Nullinie oder bis 5 cm darunter.

Gruppe 4 erreichte die Nullinie nicht.

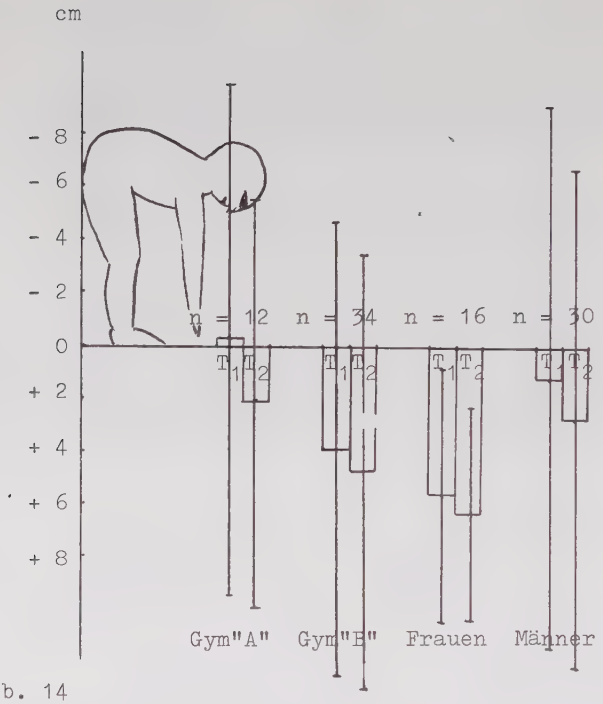


Abb. 14
Rumpfbeugebeweglichkeit, gemessen in cm vom 0 - Niveau. Gruppenmittelwerte und Standardabweichungen vor (T_1) und nach (T_2) der Übungsperiode.
Unterteilung in Gymnastikgruppen (Gym-"A" und Gym-"B") und nach dem Geschlecht.

Beugebeweglichkeit des Rumpfes (Übung Rumpfeuge)

Tab.22 Abstand x vom O-Niveau in cm. Gruppe 1 $x \geq + 10$ cm

	min	max	x	s	n
vorher	+ 10,0	+ 19,5	+ 12,6	3,49	7
nachher	+ 8,0	+ 21,0	+ 12,5	5,25	7

Tab.23 Abstand x vom O-Niveau in cm. Gruppe 2 $+5\text{cm} \leq x < +10\text{cm}$

	min	max	x	s	n
vorher	+ 5,0	+ 9,5	+ 7,0	1,4	17
nachher	+ 3,0	+ 12,0	+ 7,95	2,2	17

Tab.24 Abstand x vom O-Niveau in cm. Gruppe 3 $0\text{cm} \leq x < +5\text{cm}$

	min	max	x	s	n
vorher	+ 2,5	+ 4,8	+ 3,7	0,87	12
nachher	- 4,8	+ 5,5	+ 3,7	1,38	12

Tab.25 Abstand x vom O-Niveau in cm. Gruppe 4 $x \leq -7,5$ cm

	min	max	x	s	n
vorher	- 18,8	- 7,5	- 12,7	3,85	10
nachher	- 17,5	- 0,5	- 8,9	5,39	10

In Gruppe 1 war keine Veränderung zu sehen.
Gruppe 2 verbesserte sich im Mittel um 0,95 cm ($p < 0,05$).
Gruppe 3 zeigte im Mittel keine Veränderung.
Gruppe 4 verbesserte sich im Mittel mit 3,8 cm sehr deutlich ($p < 0,01$).

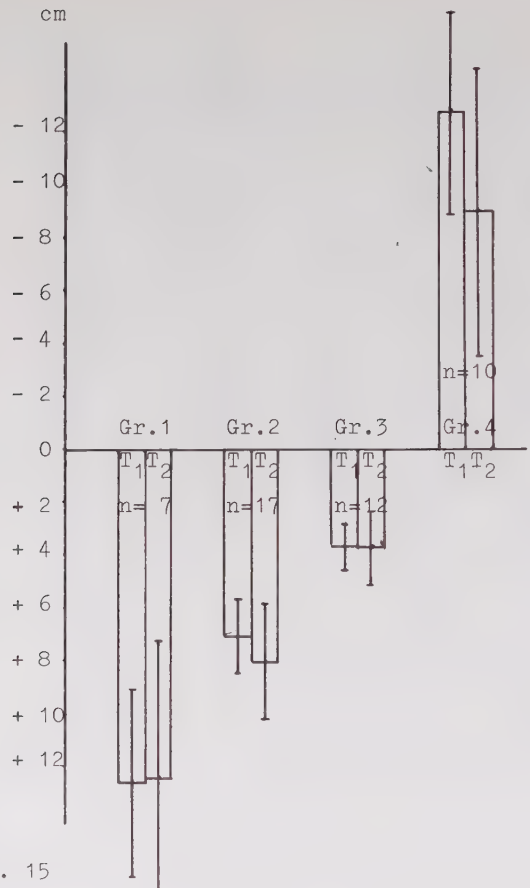


Abb. 15

Rumpfbeugebeweglichkeit

Veränderungen der Rumpfbeugebeweglichkeit durch Training in Abhängigkeit von Ausgangswerten.

Gruppe 1: Werte(T_1) mehr als 10 cm unterhalb des 0-Niveaus.

Gruppe 2: Werte(T_1) zwischen 5 cm und 10 cm unterhalb des 0-Niveaus.

Gruppe 3: Werte(T_1) zwischen 0 cm und 5 cm unterhalb des 0-Niveaus.

Gruppe 4: 0 - Niveau nicht erreicht.

5.6. Drehbeweglichkeit

Es wurden die Meßwerte von 47 Probanden ausgewertet. Für dieses Kollektiv wurden an den beiden Untersuchungs - tagen folgende Werte ermittelt:

Tab.26 Übung Kreisdrehung (Winkelgrad) Gesamtkollektiv

	vorher		nachher	
	rechts	links	rechts	links
min	105	60	109	60
max	190	200	190	203
$\bar{x}$	136,2	141,2	143,0	144,2
s	16,1	19,5	18,3	21,8
n	47	47	47	47

Statistisch ließ sich kein signifikanter rechts - links Unterschied feststellen, daher wurden im Folgenden die Mittelwerte aus den Messungen rechts und links an einem Meßtag verwendet.

5.6.1. Ergebnisse in den Gymnastikgruppen

Tab.27 Übung Kreisdrehung (Winkelgrad) Gruppe "Gym-A"

	min	max	x	s	n
vorher	85	159	136	20,1	12
nachher	94,5	185	145	23,8	12

Tab.28 Übung Kreisdrehung (Winkelgrad) Gruppe "Gym-B"

	min	max	x	s	n
vorher	114	195	139,4	14,9	35
nachher	118,5	196,5	143,2	17,1	35

Eine signifikante Verbesserung beider Gruppen am zweiten Untersuchungstag konnte gesichert werden ($p = 0{,}002$). Gruppe "Gym-A" und "Gym-B" unterschieden sich nicht.

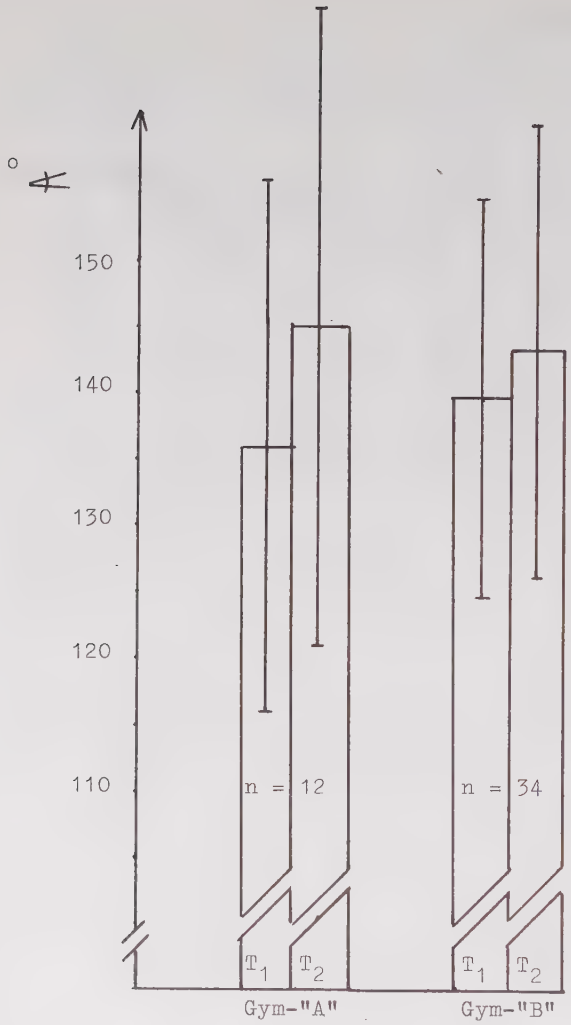


Abb. 16
Drehbeweglichkeit von Wirbelsäule und Schultergürtel, gemessen in Winkelgrad.
Gruppenmittelwerte vor (T_1) und nach (T_2) Training mit Standardabweichungen.

5.6.2. Geschlechtsunterschiede bei der Übung "Kreisdrehung"

Tab.29 Übung Kreisdrehung (Winkelgrad)

	Frauen		Männer	
	vorher	nachher	vorher	nachher
min	85,0	94,5	114,0	120,5
max	195,0	196,5	159,5	185,0
$\bar{x}$	138,9	144,5	138,1	142,1
s	16,4	18,4	16,3	19,9
n	31	31	16	16

Ein Unterschied zwischen den Gruppen bestand nicht.
Die Verbesserung beider Gruppen am zweiten Untersuchungstag war signifikant ($p = 0,002$).

5.6.3. Alterseinfluß auf die Drehbeweglichkeit

Ebenso wie bei der Rumpfbeugebeweglichkeit hatte auch hier das Alter keinen Einfluß auf die Drehbeweglichkeit. Eine Korrelation bestand nicht.

6. DISKUSSION

Venenverschlußplethysmographie

Mit der Venenverschlußplethysmographie (VVP) wird die Durchblutung eines Extremitätensegmentes quantitativ erfaßt. Neben den Systemen mit wassergefüllten Zylindern, die für große Studien Verwendung gefunden hatten (54,55, 66,88,100,114,189,190),sind solche mit flexiblen, luftgefüllten Meßmanschetten, die sehr leicht zu handhaben sind, in Klinik und Forschung in Gebrauch (13,14,16,17,26,33,34, 80,81,82,86,87,154,156,170,175). Die durchschnittliche Fahlerbreite (apparative, reaktive und Auswertungsfehler) beträgt ca.15% (84,85,178). Eine Einschränkung erfährt diese Aussage bei sehr hohen Durchblutungswerten (30-60ml/ 100ml/min)(54). Hier nimmt die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse rapide ab; der Fehler beträgt bis zu 50%(26,84). Bestimmt wird zum Einen die Durchblutung eines Extremitätenabschnitts in Ruhe. Dieser Wert unterliegt allerdings den vielfältigsten Einflüssen (1,20,26,27,33,34,37,60,70, 72,75,78,79,80,81,156,167,168,169,174,188,189,190,192,195). Für die klinische Diagnostik ist die global erfaßte Ruhedurchblutung aufgrund komplexer Steuerungsvorgänge und verschiedener Störfaktoren wenig geeignet. Zudem wurden selbst bei schweren arteriellen Verschlußkrankheiten häufig noch normale Ruhedurchblutungswerte gefunden (55).
Die Bestimmung der maximalen bzw. submaximalen Durchblutung hat sich hingegen in der klinischen Angiologie als zuverlässiges Kriterium zur Beurteilung der peripheren Zirkulation, aber auch der Leistungsbreite des Herzens erwiesen (17,23,24,26,39,40,41,42,43,54,55,58,80,81,82,100,163). Physiologischerweise tritt eine Steigerung der Durchblutung während und nach Muskelarbeit auf.Nach Meinung von Bollinger,Caesar und Dornhorst (27,39,64) entspricht die Größe der Spitzendurchblutung nach 3 - 5 minütiger arterieller Drosselung der nach Arbeit unter aeroben Be-

dingungen und stellt somit ein geeignetes Maß für die Maximaldurchblutung dar. Nur nach Arbeit während arterieller Sperre ist eine noch um ca.30% höhere Spitzendurchblutung nachzuweisen (27,55,70,100,157,176). Den Untersuchungen von Dahn zufolge (55) ist allerdings die nach Arbeit in Ischaemie bestimmte Durchblutung der nach alleiniger Drosselung bestimmten nicht überlegen. Wir verzichteten daher auf diese zusätzliche Belastung der Probanden.
Es ist anzumerken, daß einige der im Rahmen dieser Studie untersuchten Probanden den Staudruck von 300 mm Hg zur Drosselung des arteriellen Einstroms als schmerzhaft empfanden und sich während der gesamten Drosselungsdauer stark verspannten. Dies steigerte sich bei Einzelnen bis zur isometrischen Dauerkontraktion der gesamten Beinmuskulatur während der Ischaemieperiode. Da fließende Übergänge von leichter Verspannung bis zur Tetanie der Beinmuskulatur vorkamen, war es nicht möglich, alle diese Personen zu erfassen. Nach Lösen der arteriellen Sperre und somit Beendigung des Schmerzreizes entspannten sich alle Probanden sofort, sodaß die Messung der Durchblutung nicht beeinträchtigt wurde. In keinem Fall störten Muskelkontraktionen die Aufzeichnungen der reaktiven Hyperaemie.
Bei unseren Messungen verzichteten wir, ebenso wie Barbey (13,23,159,162,170) und andere auf eine distale Okklusion, die nach den Untersuchungen von Siegelová (159) keine signifikant unterschiedlichen Meßwerte bewirkt. Einen gewissen systematischen Fehler nahmen wir dabei in Kauf (83,89),der aber, besonders bei vergleichenden Messungen an einem konstanten Probandengut, ohne Belang ist (83). Von Vorteil ist, bei Verzicht auf distale Okklusion, die weitgehende Vermeidung emotional bedingter Einflüsse auf Durchblutung und Blutdruck (57,83).
Bei der Betrachtung von Absolutwerten der Durchblutung muß die große individuelle Schwankungsbreite beachtet werden (22,26).

Der publizierte Normbereich der Ruhedurchblutung der Wade liegt zwischen 1ml und 4ml/100ml/min bei Extremwerten von 0,6ml und 10,0ml/100ml/min. Die Extremwerte der Maximal - durchblutung werden mit 1,1ml und über 60ml/100ml/min angegeben bei einem Normbereich der Durchblutung nach Ischaemie zwischen 15ml und 30ml/100ml/min. Die mittleren Standard - abweichungen bei der Bestimmung der Drosselungshyperaemie werden in der Literatur zwischen 7ml und 9ml/100ml/min angegeben (4,6,54,80,100,114,118,119,120,162,170). Eine Übersicht über veröffentlichte Meßdaten der Unterschenkeldurchblutung bei angiologisch unauffälligen Personen gibt Tab.30 Die in unserer Studie erfaßten Werte zeigten eine gute Übereinstimmung mit der Literatur. Die Ruhedurchblutungswerte lagen mit 3,86 $\pm$ 0,9 ml/100ml/min für die Frauen und 4,13 $\pm$ 1,5 ml/100ml/min für die Männer jeweils an der oberen Normgrenze. Unsere Extremwerte der Ruhedurchblutung erreichten in keinem Fall die untere Normgrenze, über - stiegen sie jedoch nach oben. Die während der reaktiven Hyperaemie bestimmten Durchblutungswerte bewegten sich ebenfalls im Normbereich mit 20,9 $\pm$ 6,6 ml/100ml/min für die Frauen und 26,1 $\pm$ 5,7 ml/100ml/min für die Männer. Auch bei diesen Messungen lagen die Extremwerte nur wenig unterhalb der Normgrenze, Werte über 30 ml/100ml/min wurden etwas häufiger gefunden. Werte unter 10,3 ml und über 47,5 ml/100ml/min kamen nicht vor.

Tab.30 Messergebnisse der Unterschenkeldurchblutung von angiologisch unauffälligen Personen (Literaturübersicht)

Autor	Methode VVP	Ischämie-dauer (min)	n	Alter von-bis (Jahre)	$\bar{x}$	Peak-Flow von-bis (ml/100ml/min)	$\bar{x}$	s	Ruhedurchblutung von-bis (ml/100ml/min)	$\bar{x}$	s
Allwood (4)	H_2O	5	10	18 - 24		2,4-50,0	18,1 ±	16	0,8- 4,9	2,1	± 1,2
		5	20	70 - 82	77	1,1-32,4	9,3 ±	8,8	0,7- 3,1	1,7	± 1,2
Dahn (54)	H_2O	3	52		24		26,6 ±	7,8			
		3	52		67		26,5 ±	9,2			
		Ischämie	32		23		33,0 ±	8,5			
		& Arbeit	14		56		40,1 ±	12,0			
	Frauen	3	52	44,7±23,9			24,3 ±	8,49	0,43- 8,87	2,87	± 1,12
	Männer	3	52	45,9±22,5			28,8 ±	8,0	0,43- 8,87	3,16	± 1,54
Eichna (66)	H_2O	5	18			14 -38	23				
Fajgeli	H_2O	3	20			17,2-40,6	28,9		0,6 - 4,7	2,9	
Isacsson	H_2O	3	1368	Männer	55		25,8 ±	8,6		1,9	± 0,7
Gottstein (80)	Luft	3	100			9,3-26,4	16,1 ±	0,8	0,7 - 4,3	2,2	
Gottstein (81)	Luft	3	22		46		18,1			1,8	
Hillestad	H_2O	5	48	25 - 68		13,0-48,0	28,2 ±	7,6			
		1'&Arbeit	22	25 - 68			29,8 ±	6,0			
Kriessmann	strain-gauge	3'	11		59		17,89±	3,14			
Kroese (119)	strain-gauge	66±12		20 - 73	45		29,4 ±	3,9			
		64±21		20 - 73	45		27,8 ±	3,5			
		3					21,5 ±	5,3		3,8	± 1,1
(120)		3	60	20 - 48	28		27,8 ±	7,3			

Tab.30 Messergebnisse der Unterschenkeldurchblutung (Fortsetzung) Literaturübersicht

Autor	Methode (VVP)	Ischämie-dauer (min)	n	Alter von-bis (Jahre)	$\bar{x}$	Peak-Flow von-bis (ml/100ml/min)	$\bar{x}$	s	Ruhedurchblutung von-bis (ml/100ml/min)	$\bar{x}$	s
Kühn	Luft	3	6	23 - 29	25	8,7-42,0	22,1 ±	4,4	1,46- 3,61	2,1	±0,8
	vor Training		7	23 - 34	27		24,5 ±	6,4		2,77	±0,68
			6	20 - 27	23		22,4 ±	8,4		2,35	±0,72
	nach Training		6		25	12,4-39-4	29,3 ±	6,1	1,46- 3,61	2,27	±0,64
			7		27		25,8 ±	6,1		2,42	±2,02
			6		23		21,6 ±	9,8		2,17	±0,55
Landowne	Luft	4-12	13	10 - 37		6,3-22,5			0,5 - 6,0		
Lassen							42			3,0	
Siggaard-Andersen	Luft	5	54				34,1 ±	6,4		3,2	±1,2
Steinle	Luft	3	100	20 - 25		links	21,85±	6,7		2,14	±1,0
						rechts	21,97±	6,1		2,1	±0,9
		3	54	6 - 86		links	17,3 ±	6,2		2,2	±1,4
						rechts	19,1 ±	7,2		2,4	±1,9
unsere Werte	Luft	3									
	vor Training		48	30 - 62	42,5	12,5-45,6	25,0 ±	7,9	1,6 -10,8	4,05	±1,6
	nach Training		48	30 - 62	42,5	10,3-47,5	25,0 ±	8,3	1,9 - 8,3	4,07	±1,3
	Frauen		16	30 - 53	39,6	13,6-33,9	20,9 ±	6,6	2,4 - 6,05	3,86	±0,9
	Männer		32	32 - 62	44,0	15,8-40,4	26,1 ±	5,7	2,25- 9,55	4,13	±1,5

Blutdruck

Die indirekte Bestimmung des Blutdrucks nach der Methode von Riva-Rocci-Korotkow ist heute in Klinik und Praxis das Standardverfahren zur Blutdruckmessung. Für klinische Zwecke besteht, unter bestimmten Voraussetzungen, eine ausreichende Übereinstimmung mit den wahren, intraarteriell gemessenen Blutdruckwerten (115).Beachtet werden müssen die entspannte Haltung des Probanden, die Lagerung des Arms in Herzhöhe und das richtige Anlegen der Meßmanschette am Oberarm. Apparative Voraussetzungen sind ein geeichtes Manometer, eine Meßmanschette in der üblichen Breite von 13-14 cm oder breiter und ein Stethoskop. Ablesefehler sollten durch sorgfältige Messung, Kontrollmessung und genaue Angabe der bestimmten Werte ohne auf - oder abzurunden möglichst klein gehalten werden. Als systolischer Druck wird der Wert angegeben, bei dem bei fallendem Manometer die ersten Korotkow - Töne hörbar werden. Der diastolische Wert soll, nach einer Empfehlung der American Heart Association, beim ersten deutlichen leiserwerden des Korotkow - Phänomens abgelesen werden (115). Die bisher genannten Voraussetzungen wurden in unserer Studie alle erfüllt. Fehler durch zirkadiane Blutdruckschwankungen wurden durch Untersuchungen zu jeweils der gleichen Tageszeit vermieden. Emotional bedingten Blutdruckveränderungen wirkten wir durch ruhige, freundliche Umgebung und entspannte Lagerung entgegen. Weitere mögliche Fehlerquellen, wie Arrhythmien, auskultatorische Lücke, erhebliche Seitendifferenzen und extrem große Oberarmumfänge waren bei unseren Probanden nicht vorhanden.

Der Blutdruck des gesunden Menschen, bei dem es sich wie bereits betont nicht um eine statische sondern um eine variable Größe handelt, wird von den verschiedensten Faktoren beeinflußt. Normalerweise schwankt er, je nach Basalbedingungen (Ruhe, Arbeit), innerhalb bestimmter Grenzen (115,161). Die Höhe des Blutdruckes wird, ent -

sprechend der Formel von Poiseuille, $F = \frac{R}{P}$ (F= flow , R = Strömungswiderstand, P = Druck) vom Herzzeitvolumen und dem gesamten Strömungswiderstand des Organismus bestimmt(161,188,192). An der Regulation beteiligen sich das bulbäre Kreislaufzentrum, das Renin-Angiotensin-Aldosteron-System, die Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenrinden-Achse Elektrolyte und Katabolite (161,188,192). Der Organismus beantwortet Änderungen des Zeitvolumens nach Möglichkeit mit entgegengesetzten Änderungen des peripheren Widerstandes (161,192).

Als hypertone Blutdruckwerte werden, nach einer Definition der WHO, Werte von systolisch > 160 mm Hg und diastolisch > 95 mm Hg angesehen (61,115,160,161). Von einer Hypotonie spricht man bei systolischen Blutdruckwerten von weniger als 100 -110 mm Hg (61,91,160,161). Im Gegensatz zur Hypertonie, die als Krankheit behandlungsbedürftig ist, kommt der konstitutionellen Hypotonie im allgemeinen keine besondere klinische Bedeutung zu (47,61,122,160,161). Der konstitutionelle Hypotoniker ist gesund und voll leistungsfähig. Dazu gehören auch gut trainierte Sportler (47,122, 161). Bei ihnen liegt häufig gleichzeitig eine Ruhebradycardie vor (122,161). Im trainierten Zustand besteht offenbar, hämodynamisch gesehen, ein vagotoner Schongang, der eine breite Leistungsreserve gewährt (105,122,161)

Durchblutung

Die periphere Durchblutung muß in erster Linie die Stoffwechselbedürfnisse der Extremitäten decken, daneben hat sie wichtige Funktionen in der Kreislauf- und Thermoregulation des Organismus (26,75,168,169,188,192). Die Größe der Durchblutung wird einerseits durch Druck- und Volumenarbeit des Herzens und andererseits durch die Gefäßweite und untergeordnet durch die Blutviskosität beeinflußt (25,26, 33,75,80,81,168,169,188,192). Zentrale und lokale Regulationsmechanismen passen sie den aktuellen Bedürfnissen an (1,20,26,27,33,34,37,60,70,72,75,78,79,81,156,167-9,174, 188,189,190,192,195).

Die Durchblutungsregulation im Skelettmuskel wird von zentralen und lokalen Faktoren bestimmt. Die zentrale, von Kortex und bulbärem Vasomotorenzentrum vermittelte Steue - rung des Kreislaufs erfolgt über neurale und humorale Re - gulationsmechanismen(27,188,192). Vasokonstriktorische Nervenfasern gehören dem adrenergischen, vasodilatierende dem cholinergen System an (157,192). In der menschlichen Skelettmuskulatur wird der Ruhegefäßtonus über sympathische vasokonstriktorische Nervenfasern bestimmt, die Vasodilatation erfolgt, bei vermindertem Vasokonstriktorentonus , druckpassiv (27,70,72,156,174,188,189,192). Zusätzlich werden vasodilatatorische cholinerge Fasern für die affektive Mehrdurchblutung diskutiert (20,21,78,192).Diese zentralen Einflüsse werden von lokalen vasodilatatorischen Steuermechanismen überlagert oder gar ausgeschaltet (27, 34,51,69,70,77,174,188,192). Die dadurch ausgelöste lokale Mehrdurchblutung sichert die Versorgung bei erhöhter metabolischer Anforderung. Das Zusammenspiel von zentral ge - steuerter Vasokonstriktion und lokaler Vasodilatation sichert ein ökonomisches Verhältnis von Durchblutung zum Sauerstoffverbrauch (174). Nach den Untersuchungen vieler Autoren (39,40,41,117,156,179,181) kann dieser Regel - mechanismus durch Muskeltraining noch wirkungsvoller zum Einsatz kommen, wobei nach Training die Muskeldurchblutung in eine mehr nutritive Form übergeht, indem Gefäße aktiver Muskelfasern bevorzugt durchströmt werden (169).

Die Durchblutungsregulation der Haut wird vom sympathischen und parasympathischen Nervensystem und von Gewebshormonen beeinflußt (75,169). Vasodilatatorische Fasern spielen, wenn überhaupt vorhanden, eine untergeordnete Rolle (157). Die Dilatation wird vorwiegend über die Freisetzung von Gewebshormonen wie Bradykinin, Histamin und anderen be - wirkt, die in Zusammenhang mit der Tätigkeit der para - sympathisch innervierten Schweißdrüsen steht (26,33,153, 169,165).

Der rein nutritive Anteil der Hautdurchblutung ist mit 0,8 ml/100ml/min klein (37) und spielt eine untergeordnete Rolle. Die Hauptaufgabe ist die Konstanterhaltung der Körpertemperatur (51,70,98). Mit zunehmender Erwärmung werden die in der Haut reichlich vorhandenen, sympathisch innervierten arterio-venösen Verbindungen vermehrt per - fundiert (26,33,156). Dabei werden Durchblutungsspitzen von 150-200 ml/100ml/min gemessen (70). Durch die sub - papillären Venenplexus, die ein großes Volumen fassen können, hat das Hautgefäßgebiet einen nicht zu vernach - lässigenden Effekt auf die Blutverteilung im Organismus (168,188). In entspannter Lage und bei konstanter, komfor- tabler Raumtemperatur kommt diese enorme Schwankungsbreite der Hautdurchblutung kaum zur Auswirkung, da die Thermore- gulation minimale Aktivitäten zeigt. Bei den Messungen legten wir deshalb Wert auf eine konstante Raumtemperatur im Behaglichkeitsbereich.

Bei Haut - und Muskelgefäßen wurde eine spontan-rhythmische Durchblutungsänderung festgestellt, die beide Gefäßgebiete phasengleich aber gegensinnig betrifft (98). Ein ent - sprechendes Verhalten findet sich auch im Affekt (98) und unter thermischer Belastung (97). Da mit der Venenver - schlußplethysmographie die Durchblutung von Haut und Mus - kulatur nur simultan erfaßt werden kann ist es wichtig, die Prozentuale Verteilung dieser Gewebe im untersuchten Extre- mitätensegment zu kennen. Nach Tønnesen (177) enthält die Wade in ihrem dicksten Anteil 74% Muskel, 6% Haut und 20% Knochen-, Faszien- und Fettgewebe. Der prozentuale Anteil der Hautdurchblutung an der Gesamtdurchblutung dieses Seg- mentes ist somit klein, auch wenn die Durchblutung pro Ge- webeeinheit für die Haut u.U. aktuell größer ist als für den Muskel (120).
Die Gesamtdurchblutung der Extremität wird aber unter Ruhe- bedingungen nicht nur von Temperatur (26,27,36,51,70,97,98, 131,189) und Stoffwechsel (26,27,34,51,69,70,77,156,174) beeinflußt, auch Alter (5,54,113), Geschlecht (36,54),

Blutdruck (2,5,16,31,44,53) und emotionale Stimmung (60,78, 79,131,156,180,189) zeigen deutliche Wirkungen. Trainingseffekte nach Muskelübungen, die sich auf die Ruhedurchblutung auswirken, konnten bisher nicht nachgewiesen werden. Sie werden vermutlich, sofern sie überhaupt in Ruhe einen Einfluß haben, von anderen Regelfaktoren überlagert (41,90) Die altersbedingten Veränderungen der Ruhedurchblutung bei Gefäßgesunden sind noch umstritten (5,70,113).

Über geschlechtsspezifische Unterschiede in der Durchblutung der Extremitäten liegen Untersuchungen von Dahn(54) und Steinle (170) vor. Dabei zeigen die Ruhedurchblutungsmessungen der Wade bei Frauen niedrigere Werte als bei Männern. Dieser Unterschied zeigte sich auch bei unseren Messungen, konnte aber nicht gesichert werden. Einen hochsignifikanten Unterschied in der Höhe der Durchblutung nach Ischaemie konnten wir in unserer Studie belegen. Der Mittelwert der Drosselungshyperaemie der Frauen lag mit 20,9 ml/100ml/min im unteren Drittel des Normbereichs. Ein entsprechendes Ergebnis wurde bisher nur von Dahn (54) veröffentlicht. Hier wurde der Mittelwert für Frauen mit 24,3 $\pm$ 8,5 ml/100ml/min angegeben. Auch Bub(36) und Kühn (121) stellten eine Tendenz für niedrigere Spitzendurchblutungswerte bei Frauen fest. Die von Dahn (54) ermittelten Werte für Männer lagen bei 28,8 $\pm$ 8,0 ml/100ml/min und somit geringfügig über den unsrigen(26,1 $\pm$ 5,7ml/1ooml/min) Im Mittel unterschieden sich in der Studie von Dahn (54) Frauen und Männer um 4,5 ml, in unserer um 5,2ml/100ml/min bei der Messung der reaktiven Hyperaemie. Eichna und Steinle (66,170) bestreiten einen geschlechtsspezifischen Unterschied der Durchblutung. Eine mögliche Erklärung für diesen Geschlechtsunterschied bietet die bei Männern und Frauen unterschiedliche Gewebeverteilung im vom Plethysmographen erfaßten Unterschenkelsegment (26,54).

Alterseinflüsse auf die Unterschenkeldurchblutung werden in der Literatur widersprüchlich behandelt. So wurde einerseits bei Durchblutungsmessungen am Unterschenkel eine negative Korrelation zwischen Alter und Ruhedurchblutung festgestellt (4,5,186), andererseits wurde über eine positive Korrelation bei Durchblutungsmessungen der Wade bzw. des Unterarms berichtet (70,113).
Wir konnten, ebensowenig wie Dahn (54) und Steinle (170), eines der Ergebnisse bestätigen. Allerdings waren unsere Probanden zwischen 30 und 62 Jahre, im Mittel 42,5 Jahre alt. Somit fielen die unteren und oberen Altersgruppen aus der Betrachtung, was sicherlich unser Ergebnis beeinflußte.

Über Beziehungen zwischen Blutdruck und Ruhedurchblutung der Extremitäten liegen widersprüchliche Untersuchungsergebnisse vor. Gottstein (82) konnte bei Änderung des mittleren arteriellen Druckes zwischen 70 und 150 mm Hg keinen Einfluß auf die Ruhedurchblutung feststellen. Andere (12,154) hingegen wiesen an Patienten bei verringertem systolischem Blutdruck auch eine verminderte Ruheperfusion der Extremitäten nach. Caesar (44) stellte bei einer vergleichenden Untersuchung von Normotonikern, Patienten mit Grenzwerthypertonie und Patienten mit manifester Hypertonie eine negative Korrelation zwischen Blutdruck und Ruheperfusion fest. Conway (53) berichtete über eine positive Korrelation, wenn Patienten mit schwerer Hypertonie ausgeschlossen wurden. Ebenso Abramson (2), der einen Korrelationskoeffizienten von r=0,65 angab. Die Werte in der Untersuchung von Amery (5) waren sehr ähnlich (r=0,59 und p 0,001). Brod (31) fand eine um das zweifache erhöhte Durchblutung bei Hypertonikern.
In unserer Studie konnten wir sichere positive Korrelationen für die Untersuchung vor bzw. nach dem Trainingsintervall bestätigen (r=0,33 bzw.0,39 und p=0,02 bzw.0,007) Nach den Untersuchungen von Ashton (10,11) und Burton (38) steigt in höheren Druckbereichen der Durchfluß in menschlichen Gliedmaßenabschnitten proportional zum zunehmenden

transmuralen Druck. Somit ist die Beziehung zwischen arteriellem Druck und der Größe der Durchblutung verständlich. Es konnte eine lineare Beziehung zwischen der Reduktion des Druckes in der Arteria Brachialis und der Unterarmdurchblutung bei stufenweisem Anheben des Armes hergestellt werden (3, 101).
Die bereits angesprochene verminderte Ruheperfusion bei Patienten mit schwerer Hypertonie wird durch den bei dieser Gruppe stark erhöhten peripheren Gefäßwiderstand erklärt (5,44,164). Bei leichter Hypertonie ist der Gefäßwiderstand meist noch nicht verändert (53). Da in unserem Kollektiv allenfalls eine Grenzwerthypertonie, aber keine manifeste Hypertonie nachweisbar war, setzten wir einen normalen Gefäßwiderstand bei dieser Personengruppe voraus. Nielson (143) beschrieb bei seinen Probanden große Tag-zu-Tag Schwankungen im distalen Blutdruck und ebenso große Schwankungen im distalen Blutfluß. Entsprechende Ergebnisse zeigte unsere Studie. Wir bestimmten die individuelle Blutdruckdifferenz an den Untersuchungstagen und setzten sie in Beziehung zu der zugehörigen Differenz der Ruhedurchblutungswerte. Bei unseren Probanden zeigte sich eine signifikante positive Korrelation zwischen der Höhe der Blutdruckdifferenz und der Höhe der Differenz der Ruhedurchblutung ($r=0,46; p=0,001$). Dies bedeutet, daß sich leichte Blutdruckschwankungen bei Normotonikern und Personen, die dem Grenzbereich von Hypo- bzw. Hypertonie zuzuordnen sind, direkt auf die Ruhedurchblutung der Extremitäten auswirken.

Die Drosselungshyperaemie ist, im Gegensatz zur Ruhedurchblutung, von zentralen und vegetativen Einflüssen relativ unabhängig (25,33,66,69,77,153,190). Selbst unter thermischer Belastung verändert sich die reaktive Hyperaemie der Wade, auch im Gegensatz zu der des Fußes, kaum (66,97). Hier fällt der mit 6% geringe Anteil der Haut am Gesamtvolumen der Wade nicht ins Gewicht (177). Zudem ist bei einer Ischaemiedauer unter 5 Minuten der Anteil der Haut-

durchblutung noch sehr gering (28,64). An sympathektomierten Gliedmaßen verläuft die reaktive Hyperaemie qualitativ und quantitativ unverändert ab (66,194). Nur sehr starke sensorische Stimuli vermögen in normal innervierten Extremitäten die Größe der reaktiven Mehrdurchblutung zu verändern(66,194). Auslösende Faktoren sind lokal-chemische, vasodilatierende Substanzen, die während der Ischaemie anfallen und bisher nur teilweise näher definiert wurden (27, 142,145). Diskutiert werden K^+ (18,68,70,76,158), Lactat, Pyruvat, erhöhte Osmolalität, P_{CO_2} und pH, die aber isoliert keine übergeordnete Rolle spielen sollen (68,78,132, 138,139,158). Conway (53) beschreibt eine Hyperaemie nach ATP-Infusion, die der nach schwerer Arbeit oder Ischaemie entspricht. Andere Autoren unterstützen dieses Ergebnis (18,30,158). Weiterhin werden Prostaglandine und/oder Histamin als durchblutungsfördernde Faktoren in die Diskussion gebracht (30,116,141). Widersprüchlich sind die Ansichten über die Rolle der O_2-Sättigung des Blutes. Rein (153) stellte keinen Einfluß auf die Hyperaemie fest, andere (119,141,142,158) räumen dem venösen P_{O_2} und dem Gewebe- P_{O_2} eine Mitbeteiligung an der Auslösung der reaktiven Hyperaemie ein oder halten den O_2-Mangel für den wichtigsten Stimulator der Vasodilatation (19,68). Eine andere Hypothese führt den Verlust des Gefäßtonus auf entleerte Noradrenalinspeicher zurück. Außerdem reagieren die Gefäße vermehrt sensibel im Sinne einer Dilatation auf zirkulierendes Adrenalin nach einer Ischaemieperiode(1,27). Die Durchblutung der Peripherie wird vom Perfusionsdruck und der Weite der Widerstandsgefäße bestimmt (12,26,39,40, 41,43,44,58,80,82,136,154,179). Für die reaktive Mehrdurchblutung sind somit die Quantität der anfallenden vasoaktiven Stoffe, die Funktionstüchtigkeit der Gefäße und die Förderleistung des Herzens ausschlaggebend (12,26,39, 40,41,43,44,58,80,82,136,154,179).Nach einer Ischaemiedauer von 3 - 5 Minuten ist die Vasodilatation beinahe vollständig. Die Gefäße sind submaximal erweitert, einer

längeren Ischaemiedauer folgt nur noch ein verhältnismäßig geringer Anstieg der Maximaldurchblutung (13,17,18,19,27, 39,54,64,66,71,77,118,119,120,142). Beim Gesunden steht die Dauer der Ischaemie dabei in einer linearen Beziehung zur gesamten Drosselungshyperaemie (26,77,100,153). Der "Flächenwert der Drosselungsreaktion" wird von lokal - chemischen Faktoren bestimmt (77), die Wiedereinstellung der Ruhedurchblutung in periodisch gedämpften Schwingungen wird durch eine "myogene Reaktion" bewirkt (Bayliss, Folkow zitiert nach Golenhofen (77)). Clément (51) macht eine deutliche Erniedrigung des Gefäßwiderstandes für die re - aktive Hyperaemie verantwortlich. Abrams (1) spricht so - garvon einem völligen Verlust des Gefäßtonus während dieser Reaktion. Nach Hartling (93) können die normalen, kompensatorischen Gefäßreaktionen während der Hyperaemie inaktiviert werden, sodaß die Gefäße passiv auf Änderung des transmuralen Druckes reagieren. Damit würden sich die Gefäße"wie starre Röhren verhalten" und die Durchblutung hauptsächlich vom Blutdruck abhängen (95).

Der Einfluß des Blutdrucks auf die Drosselungshyperaemie wurde bereits 1941 von Eichna (66) und Wilkins (189,190) betont. Sie zeigten eine direkte, positive Korrelation zwischen der Höhe des systemischen Blutdrucks und der Ex - tremitätendurchblutung nach 5 minütiger Ischaemie. Ent - sprechende Ergebnisse veröffentlichten Amery (6), Caesar (44) und Conway (53), der allerdings Patienten mit schwerer Hypertonie getrennt untersuchte. Bei stark erhöhtem Gefäß- widerstand kann die Maximaldurchblutung trotz erhöhtem systemischem Blutdruck unverändert sein (63,140) oder sogar unter der Norm liegen (53). Dahn (55,56) wies bei Patienten mit arterieller Verschlußkrankheit eine positive Korrela - tion zwischen dem arteriellen Blutdruck im Bein und der maximalen Durchblutung nach Ischaemie nach, konnte aber für eine gefäßgesunde Kontrollgruppe keine Abhängigkeit der Extremitätendurchblutung vom systemischen Blutdruck feststellen. Die Durchblutungswerte von Normotonikern und

Hypertonikern überlappen sich durch die große Streubreite der Normalwerte erheblich. Häufig ist ein gemessener Absolutwert der Maximaldurchblutung nach akuter großer Änderung des systemischen Druckes zwar für das Individuum kennzeichnend verändert, liegt aber nicht deutlich außerhalb der Norm (53,190).

Die reaktive Hyperaemie nach Ischaemie stellt eine passive Belastungsform des peripheren Kreislaufs dar (39,41). Es können Trainingswirkungen geprüft werden unter Ausschluß der Auswirkungen von Lernprozessen hinsichtlich ökonomischerer Bewegungsabläufe bei aktiven Übungen. Nach einem Ausdauertraining über mehrere Wochen sind, auch bei mittlerer Trainingsintensität, Veränderungen nicht nur zentraler Parameter sondern auch solcher in der Peripherie zu erwarten. Als erstes fällt eine Ökonomisierung der Bewegungsabläufe und damit ein gesteigerter Nutzeffekt der trainierten Muskulatur auf (102,173). Der zweite Punkt betrifft eine verbesserte Durchblutung des trainierten Muskels. So wird eine Zunahme von Zahl und Größe der Kapillaren beschrieben (7,8,102), die aber von anderen(129) nach Tierversuchen bestritten wird. Auch die Erschließung von Ruhekapillaren bzw. die Erweiterung von Kollateralen wird diskutiert. Andere Autoren (39,40,41,117,156,179,180) halten eine verbesserte lokale Durchblutungsregulation für den ausschlaggebenden Faktor. Dabei kann die Muskeldurchblutung, die in Ruhe meist eine "Luxusdurchblutung" darstellt, in eine mehr nutritive Form übergehen (169).Dabei werden Gefäße aktiver Muskelfasern bevorzugt durchströmt und andere Kapillaren vermehrt gedrosselt.
Als dritter Punkt sind trainingsbedingte Anpassungsvorgänge des intermediären Stoffwechsels mit Auswirkungen auf die aerobe und/oder anaerobe Energiegewinnung. Bei einem reinen Langstreckenlauftraining ist die Veränderung des aeroben Stoffwechsels besonders deutlich. So wurde nach Ausdauertraining eine Zunahme des Mitochondrienproteins festgestellt, die sich in einer gleichzeitigen Zunahme von Größe

und Zahl der Mitochondrien ausdrückt (109,110,144). Außerdem war eine Aktivitätssteigerung mitochondrialer Enzyme nachweisbar (109). Allgemein nahm die oxidative Kapazität im Muskel zu (50,96,109,110,144). Vermehrt nachgewiesen wurden, neben einer vergrößerten Kapazität der Pyruvat - Oxidation (40,110), die Succinat-Dehydrogenase (8,96,185), die Cytochrom-Oxidase (8,144) und Cytochrom c (109). Die intrazellulären Aktivitäten der glykolytischen Enzyme (PHI, PK,LDH,HBDH) und von MDH,SDH,ICDH und CPK stiegen deutlich (126). Weiterhin wurden eine vermehrte $\dot{O}_2$-Extraktion aus dem Blut durch den Muskel (40,43,48,62,67,102,103,104,137, 147,185) und eine verminderte Freisetzung von Laktat bei submaximaler Arbeit beschrieben (96,109,126,185). Der Fettmetabolismus bzw. die Nettoaufnahme freier Fettsäuren ist im trainierten Muskel verstärkt (96,109,110,126,144,147). Weiterhin läßt Ausdauertraining die Proteinasen-Inhibitoren α_1-Inhibitor, α_2-Makroglobulin und α_1-Antitrypsin zunehmen (126), die einen relativen Schutz vor unphysiologischen Streßsituationen geben (126). Für die Durchblutung des trainierten Muskels bedeutet dies, daß bei einer gegebenen submaximalen Belastung ein geringerer Blutfluß zur Deckung der nutritiven Bedürfnisse einerseits und des gleich - zeitigen Abtransports von Kataboliten andererseits nötig ist (39,40,41,43,48,49,50,69,90,137,138,172,181,185). Bei der Bestimmung der Arbeitshyperaemie ist zusätzlich zu Durchblutungsregulation und Stoffwechselanpassung die Ökonomisierung der Bewegungsabläufe zu berücksichtigen. So konnten Treumann und Schröder (179,181) eine Verminderung der maximalen Arbeitsdurchblutung des Unterarms um ca. 50%, der des Unterschenkels um 35% beim Vergleich von untrai - nierten Personen mit Athleten nachweisen. Von Caesar, Jeschke und Mitarbeitern wurde die Durchblutung nach Ischaemie und nach Arbeit bei Probanden, die ein spezielles Armmuskeltraining durchführten, über einen Zeitraum von 12 Wochen bestimmt (39,40,41,43). Dabei wurde ab der 6. Trainingswoche ein Abfall der Hyperaemie beobachtet.

Die maximale Arbeitshyperaemie nach isometrischem Arm - muskeltraining lag nach 12 Wochen deutlich unter den Ausgangswerten. Nach isotonischem Training zeigten die Ver - änderungen der maximalen Arbeitshyperaemie gleichgerichtete Veränderungen. Am Abschluß der Trainingsperiode lagen die Werte jedoch nicht signifikant unter denen der Ausgangs - messungen (39). Eine schnellere Rückkehr zur Ruhedurch - blutung nach maximaler Arbeit konnte bei beiden Trainingsarten nachgewiesen werden (39,40). Die von Caesar, Jeschke und Bader durchgeführte Bestimmung der Mehrdurchblutung nach arterieller Drosselung, die hauptsächlich Veränder - ungen im intermediären Stoffwechsel weiter aufdeckt (39, 40,41), zeigte, in Übereinstimmung mit den vorgenannten Veränderungen der Arbeitshyperaemie, einen deutlichen Abfall der Maximalwerte nach der 6. Trainingswoche. Aller - dings waren auch hier die Veränderungen nach isometrischem Training weit deutlicher als nach isotonischem Training. Isometrisches Training wirkt sich hauptsächlich auf die anoxidative Energiebereitstellung aus. Somit lassen sich nach isometrischem Training auch die deutlichsten Einflüsse auf die durch lokal-chemische Faktoren gesteuerte reaktive Hyperaemie nach Ischaemie erwarten (39). Reines Langlauf - training beansprucht vornehmlich den aeroben Stoffwechsel (107). Bei nicht Hochtrainierten und relativ kurzer Trainingsdauer sind daher nur geringe Veränderungen in der Durchblutung der Extremitäten zu erwarten (45). Weiter ist zu bemerken, daß die Fähigkeit zur "lokalen Verbesserung" für Armmuskeln viel größer als für Beinmuskeln ist (50,99). Dies ist hauptsächlich auf die unterschiedliche Bean - spruchung im täglichen Leben zurückzuführen.
Trainingsbedingte Veränderungen der Durchblutung zeigten sich in unserer Studie in einer Zunahme der Durchblutung in der reaktiven Hyperaemie bei Gruppe "A", die das Lauftraining gesteigert hatte. Die Veränderungen vom ersten zum zweiten Untersuchungstermin waren signifikant.

Der Mittelwert der Maximaldurchblutung bei Gruppe "C", die das Training während des Untersuchungszeitraumes reduziert hatte, zeigte dagegen abfallende Tendenz. Dies ließ sich aber nicht sichern, die 5% Signifikanzgrenze war knapp überschritten. Durchblutungsänderungen in Gruppe "B", die mit gleichbleibender Intensität während des Untersuchungszeitraumes trainiert hatte, ließen keine einheitliche Tendenz erkennen.
Dieses Ergebnis stimmt mit der Studie von Isacsson (114) überein, der bei 55-jährigen Freizeitsportlern über deutlich höhere Maximaldurchblutungswerte als in der Kontrollgruppe berichtete.
Ein Ausdauertraining von der relativ geringen Intensität, mit der es von unseren Probanden mit ein - bis zweimal wöchentlichen Übungen von je einer Stunde Dauer durchgeführt wurde, läßt neben den Veränderungen in der Extremitätendurchblutung auch eine vegetative Umstellung vermuten (39,102,105). Eine Senkung von Pulsfrequenz und Blutdruck führt zu einer Ökonomisierung der Herzarbeit in Ruhe (39,105,148).
Bei höheren Trainingsumfängen sind deutliche Veränderungen in der Arbeitsweise des Herzens, wie vergrößertes Schlagvolumen und vermehrte systolische Entleerung bei verlängerter Systolendauer, zu erwarten (182).
Betrachtet man die Rolle des Alters, so beziehen sich die meisten veröffentlichten Untersuchungen auf den jugendlichen Organismus und seine Anpassungsfähigkeit. Vom 30. Lebensjahr an fallen jedoch die Leistungsbreite des Herzens (148) und die Trainierbarkeit der Skelettmuskulatur kontinuierlich ab (148,182). Im Alter verringert sich die Adaptationsfähigkeit des Organismus (105,127), aber erst jenseits des 70. bis 80. Lebensjahres läßt sich eine Trainierbarkeit nicht mehr nachweisen (81,112). So konnte Hollmann (105) bei 51 - 68 jährigen Männern nach einem Ausdauertraining eine Zunahme von Vitalkapazität und Atemgrenzwert und eine Senkung des maximalen Blutdruckes bei

gleichbleibender Herzfrequenz während Arbeitsbelastung aufzeigen. Über Veränderungen des Ruheblutdrucks fanden sich in der Publikation keine Angaben.
In unserem Kollektiv von Personen im mittleren Lebensalter zeigten die Ruheblutdruckwerte innerhalb des relativ kurzen Untersuchungszeitraumes von 6 - 8 Wochen bereits Veränderungen. Bei Personen der Gruppe "A", die die Lauftrainingsintensität gesteigert bzw. das Training neu aufgenommen hatten, war eine leichte Abnahme des mittleren systolischen Blutdrucks am 2. Untersuchungstag festzustellen. Gruppe "C" (Training reduziert) zeigte dagegen einen leichten Anstieg. Dieses unterschiedliche Blutdruckverhalten war signifikant (p 0,005). Gruppe "B", ohne Änderung des Trainings während des Untersuchungszeitraums, unterschied sich nicht deutlich von den anderen beiden Gruppen. Somit war für unsere Probandengruppe ein Einfluß des Trainings auf den Blutdruck in Ruhe nachweisbar. Die Senkung des Ruheblutdrucks, die bei Gruppe "A" aufgetreten war, ist im Sinne einer vegetativen Umstellung zu deuten. In dieser Richtung spricht auch die Reduzierung der Ruheherzfrequenz, die Reich am gleichen Kollektiv fand (152). Betrachten wir die Veränderungen der Durchblutung und gleichzeitig das Blutdruckverhalten der Gruppen so fällt folgendes auf : Gruppe "A" und "C" unterscheiden sich im Blutdruckverhalten signifikant voneinander. Trotz gesunkenem mittlerem Blutdruck stiegen die Werte der Hyperaemie bei der Gruppe mit gesteigertem Lauftraining signifikant. Bei der Gruppe mit reduziertem Lauftraining fielen die Hyperaemiewerte trotz leicht gestiegenem mittlerem Blutdruck. Eine Erklärung für dieses divergierende Verhalten von Blutdruck und peripherer Durchblutung bei gesteigertem bzw. reduziertem Training könnte einerseits in der vegetativen Umstellung des Organismus mit Betonung parasympatikotoner Einflüsse liegen. Andererseits stehen eine durch Training verbesserte Ansprechbarkeit der die Gefäßweite regulierenden Rezeptoren, eine verstärkte

Vaskularisierung oder Erweiterung von Reservekapillaren in der Diskussion.
Als weiterer Parameter eines Trainingseffekts war in unserem Kollektiv eine Umfangsänderung der Wade meßbar. Gruppe "A" zeigte im Mittel nach der Trainingsperiode einen erhöhten Wert. Bei Gruppe "C" war am zweiten Untersuchungstag eine deutliche Abnahme des mittleren Wadenumfangs zu verzeichnen. Die Umfangsänderungen in Gruppe "B" ließen keine sicheren Aussagen zu.

FLEXIBILITÄT

Flexibilität wird definiert als der willkürliche Bewegungsbereich in einem oder mehreren Gelenken (107). Als begrenzende Faktoren wirken Gelenkstruktur, Umfang der Muskelmasse und Dehnungsfähigkeit von Muskeln, Sehnen, Bändern, Gelenkkapseln und Haut (92,107). Es wird zwischen statischer und dynamischer Flexibilität unterschieden, wobei die dynamische Flexibilität durchweg größer ist als die statische (107). Eine Verbesserung der Beweglichkeit ist durch Dehnungsübungen möglich(92,107). Die Dehnbarkeit eines Muskels kann durch entsprechende Übungen innerhalb weniger Wochen gesteigert werden (107). Im Kindes - und Jugendalter sind diese Verbesserungen leichter zu erzielen als im Erwachsenenalter (92). In der Literatur finden sich Untersuchungen, die eine Trainierbarkeit der Flexibilität bis ins hohe Alter nachweisen (125,155,171,183,191). Selbstverständlich werden hier keine Spitzenleistungen angestrebt. Der Schwerpunkt liegt im Erhalt bzw. der Wiederherstellung eines Ausmaßes an Beweglichkeit, das den betroffenen Personen die Möglichkeit zu körperlicher Aktivität und Freude an der Bewegung gibt.
Uns stellte sich die Frage, ob die im Rahmen eines "Lauftreffs" durchgeführten gymnastischen Übungen bei Personen im mittleren Lebensalter überhaupt nachweisbare Veränderungen der Beweglichkeit bewirkten.

Die Intensität der Lockerungs- und Dehnungsübungen war im mittleren Bereich einzuordnen, die Dauer mit 10-20 Minuten pro Lauftreffstunde, was für die meisten Teilnehmer 10-20 Minuten pro Woche bedeutete, war als gering anzusehen.
Die Ergebnisse unserer Untersuchung zeigten eine signi - fikante Verbesserung der Beweglichkeit des Gesamtkollektivs. Gruppe "Gym-A", die gymnastische Übungen verstärkt be - trieben oder neu angefangen hatten, verbesserte sich etwas deutlicher als die Kontrollgruppe (Gym-B), unterschied sich aber nicht signifikant von dieser.
Eine Altersabhängigkeit der bestimmten Werte bestand nicht. Zwischen Männern und Frauen ließ sich kein Unterschied in der Beweglichkeit sichern. Die Frauen erreichten zwar bei der Rumpfbeuge im Mittel mit +5,5 bzw. + 6,1 cm bessere Werte als die Männer, deren Werte im Mittel bei 1,2 bzw. 2,7 cm lagen, die statistische Signifikanzgrenze ($p \leq 0,05$) wurde jedoch überschritten.
In unserer Studie wurde zum Einen die Beugebeweglichkeit von Wirbelsäule und Hüfte mittels "Rumpfbeuge" geprüft, zum Anderen die Drehbeweglichkeit der Wirbelsäule und die Beweglichkeit im Schulter- und Beckengürtel mit der Übung "Kreisdrehung", beides bei gestreckten Beinen.
Die Drehbeweglichkeit war in unserer Sportlergruppe nach rechts und nach links gleich. Außer den oben gemachten Aussagen, die für beide Übungen gelten, ließen sich anhand der Meßdaten der Übung "Kreisdrehung" keine weiteren Einflüsse und Abhängigkeiten nachweisen. Sicherlich liegt ein Grund dafür bei den vielen Fehlerquellen, die das Ergebnis speziell dieser Messung mitbeeinflussten. Ein leichtes Verrutschen der Füße auf der Unterlage, ein Nachlassen der Streckung im Kniegelenk oder ein Senken des Armes machte die Messung bereits wertlos. Selbst genaue Instruktion des Probanden und Beobachtung während des Versuchs konnten diese Fehlerquellen nicht sicher ausschalten.

Die einfache Übung der "Rumpfbeuge" brachte dagegen recht genau reproduzierbare Ergebnisse. Somit wurde die weitere Aufschlüsselung anhand der Meßwerte der Rumpfbeuge vorgenommen.
Die Meßwerte der Übung "Rumpfbeuge" hatten sich innerhalb des Kollektivs nicht gleichmäßig verbessert. Die geringste Veränderung des Gruppenmittelwertes wurde dort beobachtet, wo die Ergebnisse schon bei der ersten Untersuchung gut bis sehr gut waren. Hier konnte auch ein leicht gesteigertes Training in der kurzen Zeit zwischen beiden Untersuchungen keine deutlichen Veränderungen bewirken. Anders dagegen in der Gruppe, die bei der ersten Untersuchung schlechte Werte erreichte. Für die Übung "Rumpfbeuge" wurde als schlechter Wert festgelegt: Nichterreichen einer Ebene, 7,5cm über der Nullebene.
Die Probenden dieser Gruppe verbesserten sich bis zum zweiten Untersuchungstag sehr deutlich, im Mittel von - 12,7 cm auf - 8,9 cm. In Anlehnung an andere Arbeiten (191) kann sogar mit einer weiteren Verbesserung gerechnet werden, wenn das Training konsequent fortgeführt und eventuell etwas intensiviert wird.
Es wurde festgestellt, daß selbst ein leichtes Gymnastikprogramm, das hauptsächlich Lockerungs- und Dehnungs - übungen beinhaltet, ein bereits vorhandenes, hohes Aus - maß an Beweglichkeit erhalten kann, ein mittleres oder geringes Ausmaß an Flexibilität kann verbessert werden, auch bei Personen im mittleren Lebensalter.

ZUSAMMENFASSUNG

Es wurden 48 freiwillige Probanden untersucht, die im Mittel 42,5 Jahre alt waren. Das Mindestalter war auf 30 Jahre festgelegt. Die gesunden Probanden betrieben während des Untersuchungszeitraumes ein Waldlauftraining von mindestens einer Stunde Dauer pro Woche. Zusätzlich wurde 10 - 20 Minuten Gymnastik oder mehr pro Woche geübt. Im Abstand von 6 - 8 Wochen wurden zweimal folgende Messungen durchgeführt:

a) Blutdruck im Liegen, indirekt am Arm bestimmt.
b) Messung des Wadenumfangs
c) Ruhedurchblutung des rechten Unterschenkels mittels Venenveschlußplethysmographie.
d) Reaktive Hyperaemie nach 3 Minuten Ischaemie, ebenfalls am rechten Unterschenkel.
e) Rumpfbeugebeweglichkeit
f) Drehbeweglichkeit des Rumpfes

zu a: Der Blutdruck bei Gruppe"A" (Lauftrainingssteigerung) nahm im Mittel um 2,4 mm Hg ab.
Gruppe"B" (gleichbleibendes Training) zeigte ein uneinheitliches Verhalten.
Gruppe"C" (reduziertes Training) zeigte einen mittleren Anstieg des Blutdrucks um 4,3 mm Hg.
Die Gruppenmittelwerte (absolut) waren nicht signifikant unterschiedlich.
Das Blutdruckverhalten der Gruppen "A" und "C" unterschied sich signifikant voneinander ($p < 0,05$).

zu b: Der Wadenumfang der Gruppe"A" zeigte am Ende der Trainingsperiode eine mittlere Zunahme von 0,4cm ($p<0,05$). Bei Gruppe"B" waren keine Veränderungen nachweisbar. Gruppe"C" zeigte eine mittlere Abnahme des Wadenumfangs von 0,4 cm ($p < 0,05$).

zu c: Die Ruhedurchblutung zeigte innerhalb des Unter - suchungszeitraumes keine Veränderungen.
Das Lauftraining hatte keinen Einfluß auf die Durch - blutung in Ruhe.
Frauen zeigten im Mittel eine etwas geringere Ruhedurch- blutung als Männer ($p > 0,05$).
Eine Altersabhängigkeit der Ruhedurchblutung lag nicht vor.
Der systolische Blutdruck war positiv korreliert mit der Ruhedurchblutung ($r=0,39$; $p < 0,01$).
Die individuelle Blutdruckdifferenz und die zugehörige Differenz der Ruhedurchblutung, bestimmt an zwei ver - schiedenen Tagen, waren positiv korreliert ($r = 0,46$; $p = 0,001$).

zu d: Reaktive Hyperaemie
Veränderungen innerhalb des Untersuchungszeitraumes zeigten sich für Gruppe"A" in einer signifikanten Er - höhung des Mittelwertes nach der Trainingsperiode ($p<0,05$)
Gruppe"C" zeigte nach der Trainingsperiode einen ver - minderten Mittelwert ($p > 0,05$)
Gruppe"B" zeigte keine Veränderungen.
Die Durchblutungswerte der Frauen lagen deutlich unter denen der Männer ($p < 0,0002$)
Eine Altersabhängigkeit bestand nicht.

zu e: Veränderungen im Sinne einer erhöhten Flexibilität waren für das Gesamtkollektiv nach der Trainingsperiode nachweisbar ($p = 0,002$).
Gruppe "Gym-A" (Gymnastik gesteigert) zeigte eine etwas deutlichere Verbesserung als Gruppe "Gym-B" (Gymnastik unverändert)($p > 0,05$)
Frauen zeigten im Mittel etwas bessere Werte als Männer ($p > 0,05$).
Zwischen Alter und Ausmaß der Flexibilität bestand für das vorgestellte Kollektiv kein Zusammenhang.
Die deutlichste Verbesserung zeigte die Gruppe mit den schlechtesten Meßwerten vor Beginn des Trainings.

zu f: Veränderungen im Sinne einer erhöhten Flexibilität waren für das Gesamtkollektiv nachweisbar ($p = 0{,}002$). Ein rechts-links Unterschied bestand nicht. Gruppe "Gym-A" zeigte etwas deutlichere Verbesserungen als Gruppe "Gym-B" ($p > 0{,}05$). Ein Geschlechtsunterschied bestand nicht. Das Alter hatte keinen Einfluß.

Eine Veränderung des Ausdauertrainings, sowohl im Sinne einer Trainingssteigerung als auch einer Reduzierung des Trainings wirkten sich direkt auf den Ruheblutdruck und die Maximaldurchblutung nach Ischaemie aus. Diese Ver - änderungen waren bereits nach 6 Wochen meßbar.
Bei gleichbleibendem Training waren keine Veränderungen zu sehen.
Die Beweglichkeit konnte selbst durch wenig Übung auf dem Ausgangsniveau erhalten werden. Schlechte Werte vor dem Trainingsintervall zeigten bei unserem Kollektiv, das der mittleren Altersgruppe angehörte, bereits nach 6 Wochen deutlich eine Verbesserung.

LITERATURVERZEICHNIS

1. ABRAMS,M.E.,D.J.P.BARKER,W.H.J.BUTTERFIELD : The Effect of Reserpine, Noradrenaline and Adrenaline on Reactive Hyperaemia in the Human Forearm. Clin.Sci.29, 565-574 (1965)

2. ABRAMSON,D.I.,S.M.FIERST : Resting Blood Flow and Peripheral Vascular Responses in Hypertensive Subjects. Amer.Heart J. 23, 84-98 (1942)

3. ABRAMSON,D.I.,S.jr.TUCK,A.M.ZAYAS,R.E.MITCHELL : Effect of Altering Limb Position on Blood Flow, Oxygen Uptake and Skin Temperature. J.Appl.Physiol.17, 191-194 (1962)

4. ALLWOOD,M.J. : Blood Flow in the Foot and Calf in the Elderly; A Comparison with that in Young Adults. Clin.Sci.17, 331-338 (1958)

5. AMERY,A.,H.BOSSAERT,M.VERSTRAETE : Muscle Blood Flow in Normal and Hypertensive Subjects. Influence of Age, Exercise and Body Position. Amer.Heart J.78, 211-216 (1969)

6. AMERY,A.,H.BOSSAERT,M.DERUYTTERE,L.VANDERLINDEN, M.VERSTRAETE : Influence of Body Posture on Leg Blood Flow. Scand.J.Clin.Lab.Invest.31 Suppl.128:29-36 (1973)

7. ANDERSEN,P. : Capillary Density in Skeletal Muscle of Man. Acta Physiol.Scand.95, 203-205 (1975)

8. ANDERSEN,P.,J.HENRIKSSON : Capillary Supply of the Quadriceps Femoris Muscle of Man: Adaptive Responses to Exercise. J.Physiol.270, 677-690 (1977)

9. ASCHOFF,J.,R.WEVER : Die Abkühlung menschlicher Extremitäten. Pflügers Arch.269, 207-213 (1959)

10. ASHTON,H. : Critical Closing Pressure in Human Peri - pheral Vascular Beds. Clin.Sci.22, 79-87 (1962)

11. ASHTON,H. : Critical Closing Pressure in Human Limbs. Brit.Med.Bull.19, 149-154 (1963)

12. BALBACH,J. : Verhalten der zentralen Haemodynamik nach frischem Myocardinfarkt und unter dem Einfluß einer frühzeitigen, dosierten Bewegungstherapie (Früh - mobilisation) Tübingen, Dissertation 1976

13. BARBEY,K.,BARBEY,P.: Ein neuer Plethysmograph zur Messung der Extremitätendurchblutung. Z. Kreisl. Forsch.52, 1129-1140 (1963)

14. BARBEY,K.,BARBEY,P. : Die Blutverschiebung in den unteren Extremitäten bei der akuten orthostatischen Kreislaufbelastung. Med.Welt. 33, 1693-98 (1966)

15. BARBEY,K.,H.DE MAREES : Grenzen der Luft- und Segment-plethysmographie in: Meßmethodik und Pharmakotherapie Ed.H.Ehringer, E.Deutsch Schattauer Verl.(1970)

16. BARBEY,K.,K.BRECHT,W.KUTSCHKA : Über die orthostatische Sofortregulation. Med.Welt 32, 1648-1653 (1966)

17. BARBEY,K.,P.BARBEY,K.E.LOOSE,J.TERJUNG : Plethysmo - graphische Untersuchungen bei arteriellen Durch - blutungsstörungen der Extremitäten. Dtsch.Med. Wschr.88,2, 1556-1560 (1963)

18. BARCROFT,H. : An Inquiry ints the Nature of the Mediator of the Vasodilatation in Skeletal Muscle in Exercise and during Circulatory Arrest. J.Physiol.222, 99-118 (1972)

19. BARCROFT,H. : The Mechanism of Vasodilatation in the Limbs during and after Arrest of the Circulation. Angiology 23, 595-599 (1972)

20. BARCROFT,H.,I.BROD,Z.HEJL,E.A.HIRSJARVI,A.H.KITCHIN : The Mechanism of Vasodilatation in the Forearm Muscle During Stress (Mental Arithmetic) Clin.Sci.19,577-585 (1960)

21. BLAIR,D.A.,W.E.GLOVER,A.D.M.GREENFIELD,I.C.RODDIE : Excitation of Cholinergic Vasodilator Nerves to Human Skeletal Muscles During Emotional Stress. J.Physiol.148, 633-647 (1959)

22. BOCK,K.D. : Die Verfahren zur Beurteilung der Extre - mitätendurchblutung des Menschen. in: Bad Oeynhausener Gespräche VI, 100-108 (1964)

23. BOLLINGER,A. : Bedeutung der Venenverschlußplethysmo-graphie in der angiologischen Diagnostik. Schweiz. med. Wschr.95, 1357-1362 (1965)

24. BOLLINGER,A.,E.LÜTHY : Verlaufskontrollen bei Ver - schlüssen der Gliedmaßenarterien. Schweiz. med. Wschr.96, 1094- 1098 (1966)

25. BOLLINGER,A.,H.J.Simon,R.KÖHLER,E.LÜTHY : Wirkung von niedermolekularem Dextran auf Blutviskosität und Ex - tremitätendurchblutung. Z.Kreisl.Forsch.57,456-65(1968)

26. BOLLINGER,A. : Durchblutungsmessung in der klinischen Angiologie. Bern - Stuttgart: Huber(1969)

27. BOLLINGER,A. : Periphere Zirkulation. in: klinische Pathophysiologie Ed.:W.Siegenthaler Thieme Verl.(1976)

28. BONDE-PETERSEN,F.,J.SIGGAARD-ANDERSEN : Blood Flow in Skin and Muscle, Evaluated by Simultaneous Venous Occlusion Plethysmography and 133-Xenon Clearance. Scand.J.Clin.Lab.Invest.19, 113-119 (1967)

29. BONDE-PETERSEN,F.,J.SIGGAARD-ANDERSEN : Physical Performance Capacity in Patients with Dysbasia Arterio - sclerotica. Scand.J.Rehab.Med.6: 31-35 (1974)

30. BRICK,I.,K.J.HUTCHINSON,I.C.RODDIE : The Vasodilator Properties of Noradrenaline in the Human Forearm. Br.J.Pharmac.Chemother. 30, 561-567 (1967)

31. BROD,J.,V.FENCL,Z.HEJL,J.JIRKA,M.ULRYCH : General and Regional Haemodynamic Pattern underlying Essential Hypertension. Clin.Sci.23, 339-349 (1962)

32. BRODIE,T.G.,A.E.RUSSELL : On the Determination of the Rate of Blood Flow Through an Organ. J.Physiol32,157 (1905) zitiert nach Bollinger,A. (26)

33. BROGHAMMER,H. :Diagnostik und Therapie peripherer Durchblutungsstörungen unter besonderer Berücksichtigung der Wirkung ß-Pyridyl-Carbinol (Ronicol) Med. Welt 17, 1091-1097 (1967)

34. BROGHAMMER,H.,W.SCHRÖDER : Ergebnisse quantitativer Durchblutungsmessungen der Wadenmuskulatur des Menschen. Z. Kreisl.Forsch. 54,3 , 230-235 (1965)

35. BRÜGMANN,E. : Sport für ältere Menschen. W.Goldmann Verlag München (1974)

36. BUB,I. : Normwerte der Durchblutung und venösen Kapazität des Fußes. Tübingen, Dissertation (1965)

37. BURTON,A.C. : The Range and Variability of the Blood Flow in the Human Fingers and the Vasomotor Regulation of Body Temperature. Am.J.Physiol.127,437-453 (1939)

38. BURTON,A.C.,S.YAMADA : Relation Between Blood Pressure and Flow in the Human Forearm. J.Appl.Physiol 4,329 (1951)

39. CAESAR,K. : Akute und chronische Anpassung von Durchblutung und Stoffwechsel an Muskelarbeit. Tübingen, Habilitationsschrift 1971

40. CAESAR,K.,D.JESCHKE : Trainingseinflüsse auf die Kreislaufperipherie. Internist 11, 283-286 (1970)

41. CAESAR,K.,K.BADER,D.JESCHKE : Entstehung und Rückbildung von Veränderungen in der Extremitätendurchblutung während und nach einer Trainingsperiode. Med.Welt 1110-1114 (1972)

42. CAESAR,K.,H.GRAETER,W.KNODEL,M.EGGSTEIN : Untersuchung zur Arbeitsdurchblutung in der Extremität unter Wirkung eines ß-Rezeptorenblockers (Practolol) Verh.Dtsch.Ges.Inn.Med.79, 1392-1395 (1973)

43. CAESAR,K.,M.NEHER,P.SCHOLLMEYER,E.STEIN : Veränderungen der Ruhedurchblutung, der reaktiven Hyperaemie und der Durchblutung nach Belastung in der Unterarmmuskulatur im Verlauf eines isometrischen Trainings. Z.Kreisl.Forsch.58, 345-351 (1969)

44. CAESAR,K.,F.SABOROWSKI,I.HOEFER,U.LAASER,W.KAUFMANN : Durchblutung der Extremitäten in Ruhe und nach Be - lastung bei Normotonikern, Patienten mit Grenzwert - hypertonie und mit manifester Hypertonie. Verh.Dtsch.Ges.Inn.Med.81, 891-894 (1975)

45. CAMPNEY,H.K.,R.W.WEHR : Effects of Calisthenics on Selected Components of Physical Fitness. Res.Q.Am.Assoc.Health Phys.Educ. 36(4), 393-402 (1965)

46. CANTWELL,J.D. : Running JAMA,240 (13) 1409-1410 (1978)

47. CHRISTIAN,P. : Vegetative Regulationsstörungen in: Innere Medizin Bd.1 Ed. G.Schettler

48. CLAUSEN,J.P.,J.TRAP-JENSEN : Effect of Training on Muscular Blood Flow during Exercise. Acta Physiol. Scand. 74, 23 A (1968)

49. CLAUSEN,J.P.,J.TRAP-JENSEN : Regulation and Distri - bution of Cardiac Output during Exercise in Patients with Coronary Artery Disease and the Effects of Training. Coronary Heart Disease and Physical Fitness, Ed.: Andrée Larsen, RO Malmborg p 74-79 (1971)

50. CLAUSEN,J.P.,K.KLAUSEN,B.RASMUSSEN,J.TRAP-JENSEN : Central and Peripheral Circulatory Changes after Training of the Arms or Legs. Am.J.Physiol.225,3 678-682 (1973)

51. CLEMENT,D.L.,J.T.SHEPHERD : Regulation of Peripheral Circulation During Muscular Exercise. Progr.Cardiovasc.Dis.19 (110) 23-31 (1976)

52. CONRAD,M.C.,H.D.GREEN : Evaluation of Venous Occlusion Plethysmograph. J.Appl.Physiol.16, 289-292 (1961)

53. CONWAY,J. : A Vascular Abnormality in Hypertension: A Study of Blood Flow in the Forearm. Circulation 27, 520-529 (1963)

54. DAHN,I. : On Clinical Use of Venous Occlusion Plethys- mography of Calf. I.Methods and Controls. Acta Chir.Scand.130, 42-60 (1965)

55. DAHN,I. : On Clinical Use of Venous Occlusion Plethys- mography of Calf. II.Results in Patients with Arterial Disease. Acta Chir.Scand.130, 61-75 (1965)

56. DAHN,I., A.EKMAN,N.A.LASSEN,R.NILSEN,H.WESTLING : On the Conservative Treatment of Severe Ischaemia of the Leg. Scand.J.Clin.Lab.Invest.Suppl.99, 160-165 (1967)

57. DAUBER,D.,M.LANDOWNE,N.L.KATZ,H.WEINBERG : Effects of Interrupting and Restoring the Circulation in the Lower Extremities. J.Clin.Invest.12, 47-56 (1942)

58. DELIUS,W. : Hämodynamische Untersuchungen über den systolichen Blutdruck und die arterielle Durchblutung distal von arteriellen Gefäßverschlüssen an den unteren Extremitäten. Z.Kreisl.Forsch.58 (3),319-332 (1969)

59. DELIUS,W. : Durchströmungsdruck und Durchblutung distal arterieller Verschlüsse. in: Meßmethodik und Pharmakotherapie. Ed.:H.Ehringer,E.Deutsch.Schattauerverl.1970

60. DELIUS,W.,KELLEROVA,E. : Reactions of Arterial and Venous Vessels in the Human Forearm and Hand to Deep Breath or Mental Strain. Clin.Sci.40(3), 271-282(1971)

61. DENGLER,H.J.,G.W.BACHMANN : Hypertonie in: Innere Medizin Ed.:G.Schettler Aufl.19

62. DOLL,E.,J.KEUL : Zum Stoffwechsel des Skelettmuskels. Pflügers Arch.ges.Physiol.301, 214-229 (1968)

63. DONALD,K.W.,A.R.LIND,G.W.McNICOL,P.W.HUMPHREYS, S.H.TAYLOR,H.P.STAUNTON : Cardiovascular Responses to Sustained (Static)Contractions. Circulation Res. Vol.20 and 21 Suppl. I 15-30 (1967)

64. DORNHORST,A.C. : Hyperemia Induced by Exercise and Ischemia. Brit.med.Bull.19, 137-140 (1963)

65. ECKERT,W. : Sport in der zweiten Lebenshälfte unter besonderer Berücksichtigung des Ausdauertrainings und dessen Bedeutung in der Prävention und Rehabilitation der Herz-Kreislaufkrankheiten. Sportarzt und Sportmedizin XI 378-383 (1978)

66. EICHNA,L.W.,R.W.WILKINS : Blood Flow to the Forearm and Calf. Reactive Hyperemia:Factors Influencing the Blood Flow During the Vasodilatation Following Ischemia Bull.Johns Hopk.Hosp.68, 450-476 (1941)

67. EKBLOM,B.,P.ASTRAND : Effect of Training on Circulatory Response to Exercise. J.Appl.Physiol.24,518-528 (1968)

68. EKLUND,B.,L.KAIJSER : Forearm Blood Flow after Iso - metric Contractions at Different Loads in Relation to Potentially Vasodilating Substances. Scand.J.Clin.Lab.Invest.34 (1), 23-29 (1974)

69. ELSNER,R.W.,L.D.CARLSON : Postexercise Hyperemia in Trained and Untrained. J.Appl.Physiol.17,436-40 (1962)

70. FOLKOW,B. : Der periphere Blutkreislauf in physio - logischer Sicht, einige praktische Ergebnisse. Triangel 8, 70-77 (1967)

71. FOLKOW,B.,G.GRIMBY,O.THULESIUS : Adaptive Struktural Changes of the Vascular Walls in Hypertension and their Relation to the Control of the Peripheral Resistance. Acta Physiol.Scand.44, 255-272 (1958)

72. FORD,W.,D.HENSCHLER,W.RUMMEL : Allgemeine und spezielle Pharmakologie und Toxikologie. 2.Aufl. 1977

73. FORMEL,P.F.,J.T.DOYLE : Rationale of Venous Occlusion Plethysmography. Circulation Res.5, 354-356 (1957)

74. FORRESTER,T. : An Estimate of Adenosine Triphosphate Release into the Venous Effluent from Exercising Human Forearm Muscle. J.Physiol.(Lond.)224, 611-128 (1972)

75. GILLMANN,H.,E.STEIN : Untersuchung und Beurteilung von Herz- und Kreislaufkranken. in: Lehrbuch der Inn.Med. Ed.: R.Gross, P.Schölmerich 5. Aufl. Schattauer Verlag (1977)

76. GLOVER,W.E.,I.C.RODDIE,R.C.SHANKS : The Effect of Intra-Arterial Potassium Chloride Infusions on Vascular Re - activity in the Human Forearm. J.Physiol. (Lond.)163, 22p-23p (1962)

77. GOLENHOFEN,K.,G.HILDENBRANDT: Die Reaktion der menschlichen Muskelgefäße auf Durchblutungsdrosselung. Pflügers Arch.ges.Physiol. 246, 492-512 (1957)

78. GOLENHOFEN,K.,G.HILDEBRANDT : Normale Funktion des Muskelkreislaufs beim Menschen. Bad Oeynhausener Gespräch IV, 70-87 (1964)

79. GOLENHOFEN,K.,D.A.BLAIR,W.SEIDEL : Zur Natur affektiver Muskeldurchblutungssteigerung beim Menschen. Pflügers Arch.ges.Physiol. 272, 223-236 (1961)

80. GOTTSTEIN,U.,J.SEDLMEYER,M.SCHÖTTLER : Quantitative Messungen der Unterschenkeldurchblutung von Gesunden und von Kranken mit peripheren Zirkulationsstörungen. Die Bedeutung der Größe von Ruhedurchblutung und re - aktiver Hyperaemie als Kriterien für den Schweregrad der Ischaemie. Z.Kreisl.Forsch.58 (3),332-344 (1969)

82. GOTTSTEIN,U.,SEDLMEYER,J.,W.NIEDERMEYER,M.SCHÖTTLER, V.GÜLK : Effekt der Schrittmacherstimulation bei totalem A-V Block auf die Unterschenkeldurchblutung. Klin.Wschr.48, 162-167 (1970)

81. GOTTSTEIN,U.,J.SEDLMEYER,M.SCHÖTTLER,V.GÜLK : Der Effekt von niedermolekularem Dextran auf die Unterschenkel - durchblutung von Gesunden und Kranken mit peripheren arteriellen Zirkulationsstörungen. Dtsch.Med.Wschr. 95, 1955-1959 (1970)

83. GRAF,K. : Zur Methodik der venösen Okklusionsplethysmographie. Die Wirkung distaler Gefäßokklusion auf die Durchblutung im Unterarm. Acta Physiol.Scand.60, 70-89 (1964)

84. GRAF,K. : Auswertung und Fehler Okklusionsplethysmographischer Durchblutungsregistrierungen. Acta Physiol.Scand.60, 120-135 (1964)

85. GRAF,K. : Größe und Reagibilität der Extremitätendurchblutung bei vasoregulatorischer Asthenie. Acta Universitatis Upsaliensis, Uppsala 1966

86. GRAF,K.,S.ROSELL : Der Effekt plethysmographischer Füllungsdrucke bis 20 cm H_2O auf die lokale Extremi - tätendurchblutung. Acta Physiol.Scand.62,323-335 (1964)

87. GRAF,K.,WESTERSTEN,A. :Untersuchungen über Eigen - schaften und Verwendungsmöglichkeiten eines flexiblen Extremitätenplethysmographen. Acta Physiol.Scand 46, 1-18 (1959)

88. GREENFIELD,A.D.M. : Electromechanical Methods Venous Occlusion Plethysmography. Meth.med.Res.8, 293-301 (1960)

89. GREENFIELD,A.D.M.,R.J.WHITNEY,J.F.MOWBRAY :Methods for the Investigation of Peripheral Blood Flow. Brit.med.Bull.19, 101-109 (1963)

90. GRIMBY,G.,E.HAGGENDAL : Local Xenon ^{133}Clearance from the Quadriceps Muscle During Exercise in Man. J.Appl.Physiol.22, 305-310 (1967)

91. GROBECKER,H.,D.HELLENBRECHT,D.PALM : Adrenalin und Noradrenalin;Sympathomimetika, Rezeptorenblocker, Antisympathotonika. in: Allgemeine und spezielle Pharmakologie und Toxikologie Ed.:W.Forth,D.Henschler W.Rummel 2. Aufl.1977 B-I Wissenschaftsverlag

92. HARRE,D. Trainingslehre Sportverlag Berlin 1975

93. HARTLING,D.,I.NOER,J.TRAP-JENSEN : Leg Muscle Blood Flow During Reactive Hyperemia. Effects of Different Body Positions, and of Subatmospheric Pressure. Pflügers Arch. 366 (2-3), 131-135 (1976)

94. HEIPERTZ,W.: Sportmedizin Thieme Verlag 1976

95. HENRIKSEN,O.,K.WISBORG : The Effect of Induced Hyper- tension upon Regional Blood Flow in Subcutaneous Tissue in Patients with Arterial Insuffiency of the Legs. Scand.J.Clin.Lab.Invest. 35 (2), 115-120 (1975)

96. HENRIKSSON,J. : Training Induced Adaptation of Skeletal Muscle and Metabolism During Submaximal Exercise. J.Physiol. 270, 661-675 (1977)

97. HENSEL,G. : Kreislaufreaktionen unter thermischer Belastung. Herzzeitvolumen und Durchblutung des Beines bei steigenden Raumtemperaturen. Z. Kreisl.Forsch. 55, 359-371 (1966)

98. HENSEL,H. : Physiologie der menschlichen Hautdurch - blutung. Bad Oeynhausener Gespräche VI, 57-69 (1964)

99. HETTINGER,T.: Isometrisches Muskeltraining. 3. Aufl. Thieme Verlag 1968

100. HILLESTAD,L.K.: The Peripheral Blood Flow in Inter - mittend Claudication. V. Plethysmographic Studies.The Significance of the Calf Blood Flow at Rest and in Response to Timed Arrest of Circulation. Acta med. Scand. 174, 23-41 (1963)

101. HOLLING,H.E.,VEREL,D.: Circulation in the Elevated Forearm. Clin.Sci.16, 197-213 (1957)

102. HOLLMANN,W.: Der Arbeits-und Trainingseinfluß auf Kreislauf und Atmung. Kreislauf-Bücherei Bd.17 (1959)

103. HOLLMANN,W.: Schädigungsmöglichkeiten von Herz und Kreislauf durch körperliche Belastung. Ärztl.Wschr.14, 605-609 (1959)

104. HOLLMANN,W.: Die klinische Bedeutung der Bewegungs - therapie bei Herzkranken. Med.Welt 13,635-639 (1962)

105. HOLLMANN,W.: Körperliches Training als Prävention von Herz-Kreislaufkrankheiten. Hippokrates Verlag 1965

106. HOLLMANN,W.: Zentrale Themen der Sportmedizin. 2. Aufl. Springer Verlag 1977

107. HOLLMANN,W.,HETTINGER,T.: Sportmedizin - Arbeits- und Trainingsgrundlagen. Schattauer Verlag,2.Aufl.1980

108. HOLLMANN,W.,H.LIESEN,R.ROST,B.DUFAUX : Prevention of the Clinical Symptoms of Atherosclerosis by Sport. International Symposium: State of Prevention and Therapy in Human Atherosclerosis and in Animal Models. Opladen,Westdeutscher Verlag 1978

109. HOLLOSZY,J.O.: Morphological and Enzymatic Adaptations to Training. A.Review Physiol. 147-151 (1967)

110. HOLLOSZY,J.O.: Biochemical Adaptations to Endurance Exercise in Muscle. A.Rev. Physiol.38,273-291 (1976)

111. HOMMEL,H.: Der Trimm-Trab im Lauftreff. Lehre der Leichtathletik 13, 447-454 (1976)

112. HÜLLEMANN,K.D.: Leistungsmedizin und Sportmedizin. Thieme Verlag 1976

113. IMMS,F.J.,D.H.KELLY : Variation of Forearm Blood Flow with Age and Sex. J.Gerontol.21 (3),432-434 (1966)

114. ISACSSON,S.O.: Venous Occlusion Plethysmography in 55 Year Old Men. A Population Study in Malmö, Sweden. Acta med.Scand. Suppl.537 1-62 (1972)

115. JAHNECKE,J.: Risikofaktor Hypertonie. Studienreihe Boehringer Mannheim 1974

116. JANCAEWSKA,H.,K.HERBACAY'NSKACEDRO : Effect of Indo - methacin on the Responses of Resistance and Capaci - tance Vessels to Noradrenaline in Working Skeletal Muscles in the Dog. Arch.Int.Pharmacodyn.Ther. 227 (1), 49-56 (1977)

117. KNAUF,H.,W.SCHRÖDER : Über die Beziehungen des pulsierenden Stromvolumens zur gesamten Muskeldurch- blutung und deren Beeinflussung durch Muskeltraining. Z.Kreisl.Forsch.56, 360-367 (1967)

118. KRIESSMANN,A.,L.SCHMÜCK,B.HILDEBRAND,M.RÄDLER : Ver - gleich apparativer Meßmethoden zur Diagnostik der ar- teriellen Verschlußkrankheit der unteren Extremitäten. Münch.Med.Wschr.117, 991-994 (1975)

119. KROESE,A.J.: Reactive Hyperemia in the Human Calf after Longlasting Ischemia. A Study with Strain-Gauge Plethysmography. Scand.J.Clin.Lab.Invest.36,739-745 (1976)

120. KROESE,A.J.: The Contribution of Muscle and Skin Circulation to Reactive Hyperemia in the Human Lower Limb. VASA 6, 9 - 14 (1977)

121. KÜHN,K.D.: Auswirkungen eines Ausdauertrainings auf die periphere Durchblutung. Tübingen,Dissertation 1979

122. KUHLMANN,U.,W.SIEGENTHALER : Hypotonie in: Differentialdiagnose innerer Krankheiten. Ed.: W.Siegenthaler, M.Hegglin Thieme Verlag 14. Aufl. 1980

123. LANDOWNE,M.,C.N.KATZ : A Critique of the Plethysmographic Method of Measuring Blood Flow in the Extremities of Man. Am.Heart J.23, 644-675 (1942)

124. LASSEN,N.A.,J.F.LINDBJERG,I.DAHN : Validity of the 133-Xenon Method for Measurement of Muscle Blood Flow Evaluated by Simultaneous Venous Occlusion Plethysmography: Observations in the Calf of Normal Men and Patients with Occlusive Disease. Circulation Res. 16, 287-293 (1965)

125. LESSER,M.: The Effects of Rhythmic Exercise on the Range of Motion in Older Adults. Am.Correct.Ther.J.32 (4), 118-122 (1978)

126. LIESEN,H.,W.HOLLMANN : Ausdauersport und Stoffwechsel. Wissenschaftliche Schriftenreihe des Deutschen Sportbundes Band 14, 1981 Ed.:H.E.Bock,E.Burck,O.Grupe, H.Lenk,F.Lotz Verl.K.Hofmann 1981

127. LIESEN,H.,E.HEIKINNEN,H.SUOMINEN,D.MICHEL : Der Effekt eines 12-wöchigen Ausdauertrainings auf die Leistungsfähigkeit und den Muskelstoffwechsel bei untrainierten Männern des 6. und 7. Lebensjahrzehnts. Sportarzt und Sportmed. 26, 26 (1975)

128. LIESEN,H.,B.DUFAUX,H.HECK,A.MADER,R.ROST,S.LÖTZERICH, W.HOLLMANN : Körperliche Belastung und Training im Alter. Sportarzt u. Sportmed. VII, 218-226 (1979)

129. LJUNQUIST,A.,G.UNGE : Capillary Proliferative Activity in Myocardium and Skeletal Muscle of Exercised Rats. J.Appl.Physiol. 43 (2), 306-307 (1977)

130. LORENTSEN,E.,HANSTEEN,V.,E.SIVERTSSEN : The Influence of Venous Collecting Pressure on Measurements of Calf Blood Flow by Venous Occlusion Plethysmography. Angiology 21 (10), 661-677 (1970)

131. LUDBROOK,J.,A.VINCENT,J.A.WALSH : Effects of Mental Arithmetic on Arterial Pressure and Hand Blood Flow. Clin.Exp.Pharmacol.Physiol.Suppl. 2 67-70 (1975)

132. LUNDVAL,J.: Tissue Hyperosmolarity as a Mediator of Vasodilatation and Transcapillary Fluid Flux in Exercising Skeletal Muscle. Acta Physiol.Scand.Suppl.379, 1-142 (1972)

133. MAEGERLEIN,H.,W.HOLLMANN : Aktiv über 40. Sport,Spiel und Spaß. Frankfurt (M),Limpert (1975)

134. MARCHLOWITZ,K.H.: Arbeitsmappe Lauf-Treff 4. Auflage 1978 Frankfurt/Main

135. MAREES,H.DE ,K.BARBEY : Änderung der peripheren Durchblutung durch Ausdauertraining. Z.Kardiol.62,653-663 (1973)

136. MASON,D.T.: Congestive Heart Failure. Biochemical and Physiological Considerations. Ann.Int.Med.64, 904-941 (1966)

137. MELLEROWICZ,H.: Vergleichende Untersuchungen über das Ökonomieprinzip in Arbeit und Leistung des trainierten Kreislaufs und seine Bedeutung für die präventive und rehabilitative Medizin. Arch.Kreisl.Forsch.24, 70-176 (1956)

138. MELLANDER,S.,B.JOHANSSON,S.GRAY : The Effect of Hyperosmolarity on Intact and Isolated Vascular Smooth Muscle. Possible Role in Exercise Hyperemia. Angiol. 4 310-322 (1967)

139. MELLANDER,S.,B.JOHANNSON : Control of Resistance, Exchange and Capacitance Funktions in the Peripheral Circulation. Pharmacol.Rev.20,117-196 (1968)

140. MERGUET,P.,J.F.KAPP,M.ANLAUF,K.D.BOCK : Durchblutung von Hand und Unterarm bei Normotonikern und Hypertonikern. Verh.Dtsch.Ges.Inn.Med.79, 1406-8 (1973)

141. MORGANROTH,M.L.,E.W.YOUNG,H.V.SPARKS : Prostaglandin and Histaminergic Mediation of Prolonged Vasodilatation after Exercise. Am.J.Physiol.233(1),H27-33 (1977)

142. MYHRE,H.O.: Reactive Hyperemia of the Lower Limbs. Experimental and Clinical Studies. J.Oslo City Hospital, Oslo 25, 157-167 (1975)

143. NIELSEN,P.E.,G.BELL,N.A.LASSEN : Strain Gauge Studies of Distal Blood Pressure in Normal Subjects and in Patients with Peripheral Arterial Disease. Analysis of Normal Variation and Reproducibility and Comparison to Intraarterial Measurements. Scand.J.Clin.Lab.Invest.31, Suppl.128, 103-109 (1973)

144. ORLANDER,J.,K.H.KIESSLING,J.KARLSSON,B.EKBLOM : Low Intensity Training, Inactivity and Resumed Training in Sedentary Men. Acta Physiol.Scand.101(3),351-362 (1977)

145. OWEN,T.L.,I.C.ERHART,J.B.SCOTT,F.J.HADDY : A Com - parison of Recovery Times from Exercise and Ischemic Dilatations at Constant Pressure and Flow. Proc.Soc.Exp.Biol.Med. 149(4), 1040-1043 (1975)

146. PALM,J.: Massenmedien und Freizeitsport. Sportwissenschaft,Schorndorf 6 , 384-394 (1976)

147. PERNOW,B.: Comments on the Physiological Effect of Physical Training in Patients with Intermittent Claudication. in: Coronary Heart Disease and Physical Fitness. Ed.:A.Larsen,R.O.Malmborg, p.171-172 Munksgaard, Copenhagen 1971

148. PHILIPPEN,R.: Herz-und Kreislauftraining durch Sport im mittleren und höheren Alter. Med.Klinik 64, 2129-2134 (1969)

149. PHILIPPI,H.,W.HOLLMANN,H.LIESEN : Über den Effekt eines lokalen aeroben Trainings auf die muskuläre Durchblutung und die lokale aerobe Ausdauer männlicher und weiblicher Personen. Sportarzt und Sportmedizin 2, 30-36 (1973)

150. POLZER,H. med.Diss, in Arbeit

151. RAMM,G.,G.HOFMANN : Biomathematik und medizinische Statistik Enke Verlag Stgt. 1976

152. REICH,E.: Verhalten der aeroben und anaeroben Kapazität von Trimm-Trabern bei Veränderungen des Trainingsumfangs. Tübingen, Dissertation 1981

153. REIN,H.,SCHNEIDER,M.: Die Auswirkung künstlicher Mangeldurchblutung auf den lokalen Stoffwechsel. Pflügers Arch.ges.Physiol.239, 451-463 (1938)

154. SCHAUMLÖFFEL,R.: Das Verhalten der peripheren Durchblutung bei Patienten mit frischem Myocardinfarkt unter dem Einfluß einer frühzeitigen, dosierten Bewegungstherapie. Tübingen, Dissertation 1975

155. SCHMIDT,J.: Geeignete Sportarten für den alternden Menschen. Med.Klinik 69 (10),367-371 (1974)

156. SCHRÖDER,W.: Nutritive und nicht-nutritive Skelettmuskeldurchblutung. Arch.Kreisl.Forsch.49,36-49 (1966)

157. SHEPHERD,J.T.: Physiology of the Circulation in Human Lower Limbs in Health and Disease. Saunders, Philadelphia 1963

158. SHEPHERD,J.T.: Anatomic, Physiologic and Pharmacologic Factors Governing Limb Circulation. Arch.Phys.Med.Rehabil.49 (6), 303-307 (1968)

159. SIEGELOVA,J.,H.RIECKERT : Vergleichende Segment - plethysmographische Untersuchungen mit und ohne distale Occlusion. Z.Kreisl.Forsch.56, 1115-1120 (1967)

160. SIEGENTHALER,W.,U.KUHLMANN : Hypertonie in: Differentialdiagnose innerer Krankheiten. Ed.: W.Siegenthaler,M.Hegglin 14.Aufl.1980 Thieme Verlag

161. SIEGENTHALER,W.,U.VERAGUT,C.WERNING : Blutdruck in: Klinische Pathophysiologie, Ed.:W.Siegenthaler 3. Aufl. 1976 Thieme Verlag

162. SIGGAARD-ANDERSEN,J.: Obliterative Vascular Disease. Classification by Means of the Dohn Plethysmograph. Acta Chir.Scand.130, 190-198 (1965)

163. SIGGAARD-ANDERSEN,J.,F.BONDE-PETERSEN,H.G.ENGELL : Xe133 Clearance Compared with Venous Occlusion Plethysmography (Using the Dohn Plethysmograph) Scand.J.Clin.Lab.Invest.19 Suppl.93, 133-134 (1966)

164. SIVERTSSON,R.: The Haemodynamic Importance of Structural Vascular Changes in Essential Hypertension. Acta Physiol.Scand. Suppl.343 (1970)

165. STATISTISCHES JAHRBUCH 1978 für die Bundesrepublik Deutschland. Ed.:Stat.Bundesamt Wiesbaden

166. STEFFNY,M.: Lauf mit. Mainz:Verl.Dr.Hans Krach, 1975

167. STEGEMANN,J.: Leistungsphysiologie. in:Lehrbuch der Physiologie Ed.:Keidel 5. Auflage 1979

168. STEIN,E.: Die spontane vasomotorische Aktivität der peripheren Strombahn des Menschen. Z.Kreisl.Forsch.43, 73-90 (1954)

169. STEIN,E.: Kreislauf in: Pathophysiologie Bd.II , Ed.:H.E.Bock 1. Aufl. 1972 Thieme Verlag Stgt.

170. STEINLE,E.: Plethysmographische Messungen der Extremitätendurchblutung bei kreislaufgesunden Versuchspersonen. Tübingen, Dissertation 1965

171. STEINMANN,B.: Belastbarkeit und Leistungssteigerung im Alter. Schweiz.Z.Sportmed.21(4), 177-187 (1973)

172. STENBERG,J.: Muscle Blood Flow During Exercise. Effects of Training. in: Coronary Heart Disease and Physical Fitness. Ed.:A.Larsen,R.O.Malmborg, p.80-83 Munksgaard, Copenhagen 1971

173. STOBOY,H.,FRIEDEBOLD,G.: Aktuelle Umfangsänderung des Skelettmuskels und elektrische Aktivität während eines isometrischen Trainings. Sportarzt und Sportmedizin 6, 205-210 (1965)

174. STRANDELL,T.,J.T.SHEPHERD : The Effect in Humans of Increased Sympathetic Activity on the Blood Flow to Active Muscles. Acta Med.Scand.Suppl.472,146-167(1967)

175. STRANDELL,T.,J.WAHREN : Circulation in the Calf at Rest,after Arterial Occlusion and after Exercise in Normal Subjects and in Patients with Intermittend Claudication. Acta Med.Scand.173, 99-105 (1963)

176. TØNNESEN,K.H.: Blood Flow Through Muscle During Rhythmic Contraction Measured by Xe-133. Scand.J.Clin.Lab.Invest.16, 646-654 (1964)

177. TØNNESEN,K.H.: The Blood Flow Through the Calf Muscle During Rhythmic Contraction and in Rest in Patients sith Occlusive Arterial Disease, measured by 133Xenon. Scand.J.Clin.Lab.Invest.17, 433-446 (1965)

178. TØNNESEN,K.H.: Simultaneous Measurements of the Calf Blood Flow by Strain-Gauge Plethysmography and the Calf Muscle Blood Flow Measured by 133 Xenon Clearance. Scand.J.Clin.Lab.Invest.21, 65-76 (1968)

179. TREUMANN,F.: Die Muskeldurchblutung beim trainierten und nichttrainierten Menschen. Frankfurt (M), Dissertation 1968

180. TREUMANN,F.,SCHRÖDER,W.: Muskeldurchblutung im Vor - startzustand. Z.Kreisl.Forsch.55, 958-962 (1966)

181. TREUMANN,F.,SCHRÖDER,W.: Trainingseinfluß auf Muskel- durchblutung und Herzfrequenz. Z.Kreisl.Forsch. 57, 1024-1033 (1968)

182. ULMER,H.V.: Arbeitsphysiologie - Umweltphysiologie In: Physiologie des Menschen. Ed.:R.F.Schmidt,G.Thews 20. Aufl.1980 Springer Verlag

183. UMMINGER,W.: Das neue Laufen ohne zu Schnaufen. Frankfurt, Deutscher Sportbund 1975

184. VAISRUB,S.: Joyful Jogging. JAMA 240 (13),1385 (1978)

185. VARNAUSKAS,E.,P.BJÖRNTORP,M.FAHLEN,I.PREROVSKY, J.STENBERG : Effects of Physical Training on Blood Flow and Enzymatic Activity in Skeletal Muscle. Cardiovascular Res.4, 418-422 (1970)

186. WAHREN,J.,B.SALTIN,L.JORFELD,B.PERNOW : Influence of Age on the Local Circulatory Adaptation to Leg Exercise. Scand.J.Clin.Lab.Invest.33, 79-86 (1974)

187. WEISS,U.: Die Leibesübungen des älteren Menschen. Schweiz.Z.Sportmed.17 (2),67-85 (1969)

188. WETTERER,E.: Bau und Funktionen des Gefäßsystems. in: Lehrbuch der Physiologie Ed.:W.D.Keidel 5.Aufl. 1979

189. WILKINS,R.W.,L.W.EICHNA : Blood Flow to the Forearm and Calf. I.Vasomotor Reactions: Role of the Sympa - thetic Nervous System. Bull.Johns Hopkins Hosp.68, 425-449 (1941)

190. WILKINS,R.W.,L.W.EICHNA : Blood Flow to the Forearm and Calf. Effect of Changes in Arterial Pressure on the Blood Flow to Limbs under Controlled Vasodila - tation in Normal and Hypertensive Subjects. Bull. Johns Hopkins Hosp. 68, 477-511 (1941)

191. WINTSCHEVA,S.: Die Körperkultur als ein Mittel zur Wiederherstellung und Entwicklung der körperlichen Leistungsfähigkeit bei älteren Personen. in: Sport und Körperkultur des älteren Menschen. Ed. W.Ries Johann Ambrosius Barth, Leipzig 1966

192. WITZLEB,E.: Funktionen des Gefäßsystems.in: Physiologie des Menschen. Ed.:R.F.Schmidt, G.Thews 20. Aufl.1980

193. WÖLLZENMÜLLER,F.,B.GRÜNEWALD : Ausdauertraining. Mosaik Verlag München 1980

194. WRIGHT,C.J.: Effect of Sympathetic Inhibition on Maximal Blood Flow in the Normal and Atherosclerotic Human Leg. Can.J.Surg.18(5), 431-435 (1975)

195. ZELLIS,R.,D.T.MASON,E.BRAUNWALD : A Comparison of Vasodilator Stimuli on Peripheral Resistance Vessels in Normal Subjects and in Patients with Congestive Heart Failure. J.Clin.Invest.47, 960-970 (1968)

LEBENSLAUF

Am 12. Januar 1955 wurde ich, Jutta Zimmermann, als Tochter des Eugen Zimmermann und seiner Ehefrau Lotte, geb. Kramer, in Urach geboren. 1958 starb mein Vater.
Von 1962 - 1974 besuchte ich die Grundschule und das Gymnasium in Urach, das ich nach Abschluß der Reifeprüfung verließ. Im Herbst 1974 begann ich das Studium der Medizin an der Universität Tübingen. Die Ausbildung im letzten Studienjahr erhielt ich am Städtischen Krankenhaus Friedrichshafen. Dort bestand ich am 10. April 1981 die Ärztliche Prüfung.
Im Iuni 1981 trat ich meine erste Assistenzarztstelle in der Abteilung für Gynäkologie und Geburtshilfe am Kreiskrankenhaus Riedlingen an.